

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

CLAYTON MARIANO DE ANDRADE

**CONTROLE DE AMBIENTE AUTOMATIZADO PARA CULTIVO DE AGARICUS
BISPORUS**

CRICIÚMA
2020

CLAYTON MARIANO DE ANDRADE

**CONTROLE DE AMBIENTE AUTOMATIZADO PARA CULTIVO DE AGARICUS
BISPORUS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
para obtenção do grau de Bacharel em Ciência
da Computação da Universidade do Extremo
Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Esp. Sérgio Coral

CRICIÚMA

2020

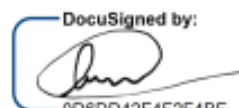
CLAYTON MARIANO DE ANDRADE

**CONTROLE DE AMBIENTE AUTOMATIZADO PARA CULTIVO DE AGARICUS
BISPORUS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Automação.

Criciúma, 05 de Agosto de 2020.

BANCA EXAMINADORA

DocuSigned by:


0D6DD42F4F2F4BE...

Prof. Sérgio Coral - Especialista - UNESC - Orientador

DocuSigned by:


007C4B83620A461...

Prof. Ênio José Peruchi -Especialista - UNESC

DocuSigned by:


003AFADFFE13434...

Prof. Ramon Venson - Mestre - UNESC

A Deus, minha família, professores e colegas, que contribuíram em toda minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proporcionar está grande oportunidade na minha vida, por me capacitar todos os dias para superar os obstáculos e por conceber saúde e sabedoria.

A minha esposa Michele que ao meu lado ajudou a prosseguir nos momentos mais difíceis.

Minhas filhas Ana Júlia e Ana Lara, Minha Mãe Rosemeri e meu pai Edson por todo incentivo e ajuda durante o percurso.

A UNESCO que possibilitou cursar está graduação fornecendo uma bolsa de estudo de 50% ao longo de toda a jornada, além de projetos de pesquisas que por alguns semestres cobriram o restante das mensalidades.

Ao Estado de Santa Catarina pelas bolsas do artigo 170, o qual foi fundamental para a permanência no curso.

Ao meu coordenador Prof. Esp. Sérgio Coral, que foi fundamental para a evolução do trabalho, proporcionando ideias, equipamentos e conhecimento para o desenvolvimento do projeto, sua atenção foi de extrema importância, todas as dúvidas foram sanadas rapidamente.

Aos meus professores que se dedicaram a todo os momentos para alcançar o melhor desempenho dentro e fora de sala de aula.

Aos meus colegas de classe que dividiram seus conhecimentos, ideias e sugestões e principalmente meu amigo Lurian Vieira Serafim, que dividiu quase todos os trabalhos além de transporte e foi fundamental na aquisição dos equipamentos.

A Vale dos Cogumelos que forneceu o composto para o desenvolvimento da pesquisa.

“Tudo aquilo que o homem ignora, não existe para ele. Por isso o universo de cada um, se resume no tamanho de seu saber.”

Albert Einstein

RESUMO

O mundo está em constante evolução, o aumento da população, traz consequentemente um avanço no consumo de alimentos de todos os tipos, mas principalmente por alimentos mais saudáveis. Entre os alimentos que tem se destacado no consumo está o *Agáricus bisporus*, também conhecido como champignon, por ter uma alta concentração de proteínas e substâncias anticancerígenas, potencializou-se em seu redor um mercado de US\$ 35 bilhões de dólares por ano e o Brasil com toda a sua força agrícola importa cerca de 10 mil toneladas de países como a China. Um dos motivos do baixo cultivo, está relacionado a temperatura e umidade para a frutificação do fungo, que fica restrito a região sul do Brasil e a alguns períodos específicos do ano como final de inverno e início da primavera. O projeto apresentado tem como objetivo equipar uma estufa para se adequar as condições ideais de temperatura, para proporcionar o cultivo em regiões onde a temperatura ultrapassa os 30°C, impossibilitando a proliferação do fungo naturalmente. Uma grande vantagem do champignon é que do período de frutificação de cultivo, tem uma variação de 20 a 25 dias, tornando-se uma opção rentável para produção em estufas. O controle da estufa se deu por intermédio de um aplicativo, o qual se tem controle dos sensores e configurações desejadas, delegando a estufa toda a manutenção de resfriamento e irrigação, proporcionando ao produtor manter uma baixa manutenção manual. O protótipo conta com desenvolvimento de um servidor web em java com spring boot, para persistência do dados utilizou-se o banco relacional MySQL, um coletor desenvolvido em python que executa em um raspberry pi para fazer a comunicação entre estufa e servidor, para a leitura dos sensores utilizou-se placas de Arduino Uno, o aplicativo foi desenvolvido em Flutter, e está disponível para operar em Android e iOS. Durante a pesquisa observou-se uma evolução satisfatória na frutificação, período dos primeiros sete dias, a colheita total com o período de incubação foi de 22 dias, obtendo um resultado promissor e identificando melhorias que podem ser aplicadas para o aumento da produção. Para a realização das métricas utilizou-se duas estufas, uma controlada como citado anteriormente e outra natural, a estufa natural contava com sensores de temperatura e umidade do ar e umidade do solo, sua irrigação era feita de forma manual uma vez ao dia, os sensores servem apenas para comparação com os sensores da estufa controlada. Todas as etapas de fabricação da estufa, montagem dos equipamentos, calibragem dos sensores, codificação e resultados estão detalhados neste projeto.

Palavras-chave: *Agáricus bisporus*. Champignon. Arduino. Android. IoT.

ABSTRACT

The world is constantly evolving, the increase in population, consequently brings an advance in the consumption of foods of all types, but mainly for healthier foods. Among the foods that have stood out in consumption is the *Agaricus bisporus*, also known as champignon, for having a high concentration of proteins and anticancer substances, a market of US \$ 35 billion per year has been boosted around it and Brazil with all its agricultural strength it imports about 10 thousand tons of countries like China. One of the reasons for the low cultivation is related to temperature and humidity for the fruiting of the fungus, which is restricted to the southern region of Brazil and to certain specific periods of the year, such as late winter and early spring. The project presented aims to equip a greenhouse to suit the ideal temperature conditions, to provide cultivation in regions where the temperature exceeds 30 ° C, preventing the proliferation of the fungus naturally. A great advantage of the champignon is that from the period of fruiting of cultivation, it has a variation of 20 to 25 days, making it a profitable option for production in greenhouses. The control of the greenhouse was done through an application, which has control of the sensors and desired settings, delegating the greenhouse all the maintenance of cooling and irrigation, providing the producer to maintain a low manual maintenance. The prototype features the development of a web server in java with spring boot, for data persistence the relational database MySQL was used, a collector developed in python that runs on a raspberry pi to make the communication between greenhouse and server, for reading the sensors used Arduino Uno boards, the application was developed in Flutter, and is available to operate on Android and iOS. During the research, there was a satisfactory evolution in fruiting, during the first seven days, the total harvest with the incubation period was 22 days, obtaining a promising result and identifying improvements that can be applied to increase production. For the realization of the metrics, two greenhouses were used, one controlled as mentioned above and the other natural, the natural greenhouse had sensors for temperature and humidity of the air and soil moisture, its irrigation was done manually once a day, the sensors were only for comparison with the sensors of the controlled greenhouse. All stages of manufacturing the greenhouse, assembling the equipment, calibrating the sensors, coding and results are detailed in this project.

Keywords: *Agaricus bisporus*. Champignon. Arduino. Android. IoT.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Agáricus bisporus</i>	20
Figura 2 – Composto.....	23
Figura 4 – <i>Agáricus bisporus</i> em ambientes controlados.....	26
Figura 5 – Controle de Temperatura ON/OFF.....	29
Figura 6 – Controle de Temperatura Proporcional a 60%.....	30
Figura 10 – Modelo Irrigação por Pulverização.....	34
Figura 11 – Ilustração Escala pH.....	35
Figura 12 – Modelo de pHmetro para Arduino.....	36
Figura 13 – Arduino Uno Wifi REV2.....	38
Figura 14 – Raspberry Py modelo B.....	39
Figura 16 – Posicionamento do Spring Boot no ecossistema Spring.....	41
Figura 17 – Comparativo entre SO.....	43
Figura 18 – Vendas Aplicativos Android vs iOS.....	44
Figura 19 – Modelo código dart.....	48
Figura 20 – Crescimento em diferentes temperaturas na incubação.....	49
Figura 21 – Crescimento em diferentes temperaturas.....	50
Figura 22 – Cultivo do fungo.....	51
Figura 23 – Mini abrigo de cultivo desenvolvido para os testes.....	52
Figura 24 – Protótipo desenvolvido para o projeto.....	53
Figura 25 – Fluxo de desenvolvimento.....	54
Figura 26 – Protótipo.....	55
Figura 27 – Compartimento protótipo.....	56
Figura 28 – Projeto eletrônico.....	57
Figura 29 – Montagem Final Estufa Controlada.....	58
Figura 30 – Montagem Final Estufa Natural.....	58
Figura 31 – Termômetro Digital Infravermelho.....	59
Figura 32 – Comparação leitura sensor com termômetro.....	60
Figura 33 – Placa Sensor pH Água.....	61
Figura 34 – Potenciômetro de regulação pH água.....	62
Figura 35 – Código para calibragem do sensor de pH.....	63

Figura 36 – Calibragem do Sensor pH Água.....	64
Figura 37 – Validação sensor pH com água	64
Figura 38 – Validação sensor pH com café.....	65
Figura 39 – Sensor Solo HD-38	66
Figura 40 – Entidade relacional do projeto	69
Figura 41 – Tabs do aplicativo	72
Figura 42 – Código utilizado transferência por comunicação serial do Arduino para <i>Raspberry</i>	74
Figura 43 – Comparação entre as estufas, à esquerda estufa controlada e à direita natural	77
Figura 44 – Manipulação das imagens para aplicação do histograma.....	77
Figura 45 – Histograma.....	77
Figura 46 – A esquerda estufa natural a direita estufa controlada	79
Figura 47 – Resultado colheita.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consulta dados sensores temperatura e umidade do ar	60
Tabela 2 – Leituras Sensor de solo ao ar e terra seca fora do padrão.....	67
Tabela 3 – Leituras Sensor de solo ao ar e terra seca.....	67
Tabela 4 – Leituras Sensor de solo a água e terra molhada	68
Tabela 5 – Total de leituras para cada sensor em cada ocasião	68
Tabela 6 – Siglas e significados	73
Tabela 7 – Base de dados valores dos primeiros sete dias de frutificação	76
Tabela 8 – Resultados	78
Tabela 9 – Base de dados do período de desenvolvimento.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMQP	Advance Message Queuing Protocol
API	Application Programming Interface
DAO	Data Access Object
CSS	Cascading Style Sheets
ESTC	Estufa Controlada
ESTN	Estufa Natural
FNUAP	Fundo de População Das Nações Unidas
FPS	Frames Per Second
HTML	HyperText Markup Languge
HTTP	HyperText Tranfer Protocol
IDE	Integrade Development Environment
IoT	Internet of Things
JAR	Java Archive
JDBC	Java Database Connectivity
JDK	Java Developer Kit
JPA	Java Persistent API
JSON	JavaScript Object Notation
LAMP	Linux, Apache, MySQL e PHP
LARM	Laboratório de Automação e Robótica Móvel
LCD	Liquid Crystal Display
M2M	Máquina a Máquina
MAMP	MacOS, Apache, MySQL e PHP
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NPM	Node Package Manager
PH	Potencial Hidrogeniônico
PID	Proporcional, Integral e Derivado
RFID	Rádio Frequency IDentificator
SO	Sistema Operacional
TCP	Transmission Control Protocol
UNESC	Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina

URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
URN	Uniform Resource Name
WAMP	Windows, Apache, MySQL e PHP
WAR	Web Application ARchive
WIFI	Wireless Fidelity
XML	Extensible Markup Languge

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL	17
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	17
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 AGÁRICUS BISPORUS	20
2.1.1 Benefícios do consumo	21
2.2 MERCADO	22
2.3 CULTIVO.....	22
2.3.1 Condições de Cultivo Natural	23
2.3.2 Condições de Cultivo Controlado.....	24
2.3.3 Estufas de Cultivo	25
2.4 INTERNET DAS COISAS.....	26
2.4.1 Diferenças entre Automação e Internet das Coisas	27
2.4.2 Vantagens de Implementar Internet das Coisas	28
2.4.3 Controle Temperatura	28
2.4.4 Controle Umidade do Ar	31
2.4.5 Controle Umidade do Solo	32
2.4.6 Irrigação por Pulverização.....	33
2.4.7 Controle pH.....	34
2.5 PROTOTIPAGEM	36
2.5.1 Hardwares para Prototipagens	36
2.6 WEB SERVICES	39
2.6.1 Spring Boot.....	40
2.7 APLICATIVO MOBILE.....	42
2.7.1 Sistemas Operacionais	43
2.7.2 Aplicações Híbridas	45
2.7.3 Plataforma Flutter.....	46
2.7.4 Linguagem Dart	48

3 TRABALHOS CORRELATOS.....	49
3.1 CULTIVO DO CHAMPIGNON EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	49
3.2 AUTOMAÇÃO DO CONTROLE E DO MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDIFICAÇÃO DE CANTEIROS DE COGUMELOS <i>AGARICUS BLAZEI</i> , NO CULTIVO FAMILIAR EM SANTA HELENA/PR.....	50
3.3 AUTOMAÇÃO DE ABRIGOS DE CULTIVOS PARA CULTURAS HIDROPÔNICAS	51
3.4 SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE ESTUFAS PARA CULTIVO DE HORTALIÇAS	52
4 CONTROLE DE AMBIENTE AUTOMATIZADO PARA CULTIVO DE <i>AGARICUS BISPORUS</i>.....	54
4.1 DESENVOLVIMENTO ESTUFA COM DOIS COMPARTIMENTOS	54
4.2 MONTAGENS DOS HARDWARES	56
4.3 VALIDAÇÃO SENSORES	58
4.3.1 Sensor Temperatura e Umidade	59
4.3.2 Sensor pH da Água	60
4.3.3 Sensor Solo	65
4.4 WEBSERVICE JAVA COM SPRING BOOT	68
4.5 DESENVOLVIMENTO APLICATIVO EM FLUTTER.....	70
4.6 INTEGRAÇÕES	72
4.6.1 Integração Arduino com <i>Raspberry</i>	72
4.6.2 Integração <i>Raspberry</i> com Servidor.....	74
4.6.1 Integração Aplicativo com Servidor	75
5 RESULTADOS.....	76
6 CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE A - ARTIGO	89

1 INTRODUÇÃO

O mercado de cogumelos está em expansão, o *Champignon* lidera o ranking dos mais consumidos, no Brasil a produção tem um déficit de 10 mil toneladas por ano (FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014). Este déficit é importado da China, considerando que o consumo do brasileiro é de apenas 160 gramas por pessoa ao ano (GOMES, 2018).

O consumo de *Champignon* traz um grande benefício para a saúde, além do seu alto nível de proteína, podendo substituir a carne em dietas alimentares, o fungo tem grande valor medicinal, é antioxidante, antibacteriano, anticancerígeno e anti-inflamatório, também mostrou melhoras nos quadros de doenças crônicas, diabetes mellitus, infecções fúngicas e distúrbios imunológicos (DHAMODHARAN; MIRUNALINI, 2010, tradução nossa).

O motivo pelo qual o Brasil importa 10 mil toneladas todos os anos, está ligado as condições especiais para o desenvolvimento do fungo, o habitat natural do *Champignon* é em lugares com pouca luminosidade, alta umidade e baixas temperaturas (DIAS et al., 2004 apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014).

Os ambientes naturais dos cogumelos, são em regiões com temperaturas mais baixas, com variação de 17 a 19°C na frutificação e de 20 a 25°C no seu desenvolvimento, este clima favorece alguns países de clima temperado. A frutificação dos cogumelos costuma ocorrer no início da primavera após um longo período de inverno, os cogumelos costumam aparecer em beiras de rios e cavernas (DIAS et al., 2004 apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014).

Para aumentar a produção do mesmo, muitos produtores estão utilizando os ambientes controlados, também conhecido como estufas de cultivo, as estufas são indicadas a cultivos de pequenos ciclos, para uma maior produção por metro quadrado.

As estufas proporcionam criação de microambientes de produções agrícolas, elas podem produzir em épocas ao qual um determinado cultivo não é propício, pois o controle de luz, irrigação e por se tratar muitas vezes de seu cultivo não estar diretamente em contato com o solo, reduzindo assim doenças e pragas que

dizimam a produção (LONAX-ADMIN, 2018), as estufas podem ou não ser automatizadas por alguns dispositivos elétrico e ou eletrônico.

A automatização e o controle das variáveis que influenciam diretamente em uma produção, tornam mais significativa, seja no seu peso, tamanho e quantidade. Estufas automatizadas ou não, são as formas de produção que fazem possível pequenos ambientes se tornarem grandes produtores.

Este projeto tem como objetivo comparar a produção em ambientes controlados e não controlados, além de implantar ao ambiente controlado tecnologia como Internet das coisas, controle do ambiente remoto e otimizar ao máximo a produção com os dados coletados diariamente da estufa para o servidor.

1.1 OBJETIVO GERAL

Análise do desenvolvimento do fungo em ambientes controlados e não controlados.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste projeto consistem em:

- a) Construir uma estufa com dois compartimentos em escala adequada ao estudo científico do cultivo do fungo.
- b) Prototipar um dos compartimentos.
- c) Desenvolver WebServices para captura dos dados.
- d) Desenvolver aplicativo mobile para controle da estufa.
- e) Comparar as remessas dos cultivos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Nas pesquisas realizadas sobre cultivo de cogumelos, observou-se que as características de produção eram extremamente limitadas às condições climáticas da região, direcionando estas produções para o sul e sudeste do país e em pequenas estruturas geralmente rústicas de pequeno porte e próximas a áreas de preservação

ambiental, matas nativas e florestas (FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014 apud ANDRADE et al., 2010).

O mercado de cogumelos é de US\$ 35 bilhões de dólares (Gomes, 2018), o Brasil apesar de sua força agrícola importa cerca de 10 mil toneladas de países como China com o valor abaixo do produzido em território nacional, este fato se remete às condições que o fungo necessita para se desenvolver em países de clima tropical.

Com base nas dificuldades de cultivo dos cogumelos do tipo champignon, o trabalho busca as informações para o cultivo e atribui estas condições ao ambiente controlado por prototipagem a fim de induzir a produção em diferentes tipos de regiões e clima, na pesquisa constatou-se que o período do ciclo desde a frutificação a colheita, leva um tempo médio de 20 dias, pesquisa realizada (FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014), tornando a produção em ambientes controlados extremamente viável por seu ciclo ser pequeno.

No mercado brasileiro este tipo de controle envolvendo ambientes de cultivo agrícola vem crescendo, o cultivo dos cogumelos em ambientes controlados obtém sucesso em alguns países como Holanda que é referência na produção de fungos comestíveis no cenário mundial.

Este projeto visou viabilizar a produção dos fungos comestíveis do tipo cogumelo champignon, buscando aumentar a produção adequando as condições ideais para o crescimento natural, manipulando seu ambiente independentemente da região do plantio e do seu clima natural.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de pesquisa é constituído por seis capítulos, o primeiro capítulo aborda brevemente o que será exibido no trabalho de pesquisa, e sua estrutura é formada pela introdução, objetivo geral, objetivos específicos, justificativa e estrutura do trabalho para o qual o projeto será desenvolvido.

O segundo capítulo aborda a fundamentação teórica, onde foi explanado o fungo *Agaricus Bisporus*, mercado, cultivo, internet das coisas, prototipagem, web service e aplicativo.

O terceiro capítulo aborda os trabalhos correlatos a este trabalho de pesquisa os quais foram usados como base para o desenvolvimento do mesmo.

No quarto capítulo é explicado o desenvolvido e a metodologia que foi utilizada para a constituição deste trabalho.

O quinto capítulo é composto pelos resultados do projeto, comparando a frutificação e o desenvolvimento entre as duas estufas, pontuando os objetivos alcançados e pontos a serem melhorados.

O sexto capítulo é composto pela conclusão, descrevendo o fechamento do trabalho, apontando trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir deste projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Processo do cultivo de *Agáricus bisporus*, assim como todas as tecnologias envolvidas para o desenvolvimento do trabalho proposto.

2.1 AGÁRICUS BISPORUS

Agáricus bisporus também conhecido por cogumelo de botão branco (CHANG; MILES, 2004, tradução nossa) ou *Champignon*-de-paris mais popularmente conhecido somente por *Champignon* (SILVA, 2018), é um cogumelo comestível pertencente ao grupo basidiomicetos.

Os cogumelos são fungos de estruturas de reprodução sexuada resultante da diferenciação celular de *hifas*, Priscila Silva (2018) relata que o agrupamento de hifas forma micélio, o qual é uma rede intrica que na maior parte fica submersa em substrato como o solo, troncos de árvores, frutas, sementes, em animais, raízes e interiores de plantas entre outros.

A evolução dos cogumelos e sua popularização se deu pelos franceses por volta de 1600 A.C, onde seu cultivo começou, dar-se aí a popularização do seu nome como *Champignon*-de-paris (CHANG; MILES, 2004, tradução nossa).

Comercialmente o *Champignon* começou a ser expandido pela primeira vez por volta de 1780 por um francês, que iniciou seu cultivo em pedreiras próximas da cidade de Paris (BEYER, 2003 apud OWAID; BARISH; SHARIATI, 2017, tradução nossa), na figura 1 pode se observar o fungo.

Figura 1 – *Agáricus bisporus*



Fonte: Mathias (2015).

2.1.1 Benefícios do consumo

Há uma variedade de fungos comestíveis, um dos mais apreciados são os cogumelos, por suas características nutricionais e medicinais. Cogumelos são constituídos por proteínas, carboidratos, fibras, gordura, água e cinzas além de minerais e aminoácidos (ALISPAHIC et al., 2015 apud OWAID; BARISH; SHARIATI, 2017, tradução nossa; HELENO et al., 2010, tradução nossa;).

Os cogumelos são ricos em vitaminas B, sais minerais e fibras tem baixo teor de carboidratos, colesterol e gordura, possui substâncias que auxiliam no metabolismo de gorduras, imunológico, favorece a saúde dos olhos, boca, pele, cabelos e no combate ao câncer de mama e próstata (MATHIAS, 2015).

Champignon é uma alternativa para pessoas que não podem consumir proteína animal ou com hábitos alimentares diferenciado, como no caso dos veganos e vegetarianos. Uma publicação feita pela revista Mais Saúde, a nutricionista Priscila Franceschini, afirma que além do diferencial do sabor, os cogumelos possuem uma rica composição nutricional, podendo o mesmo substituir a proteína animal, contém minerais como cálcio, cobre, ferro, fósforo, magnésio, manganês e potássio, vitaminas B2, B3, B5 e tocoferóis, além de compostos bioativos, fenólicos e flavonoides (REVISTA MAIS SAÚDE, 2017).

Os valores nutricionais obtidos em um estudo sobre os cogumelos foram, de 38 a 48% de carboidratos, 21 a 27% de proteínas, 17 a 23.3% fibra, cinza de 8 a 11%, gordura de 3 a 4% baseado em matéria seca (TSAI et al., 2017 apud OWAID; BARISH; SHARIATI, 2017, tradução nossa).

Os cogumelos além de saudáveis são medicinais, estudos mostram que o estrato de *Champignon* possui bioatividade antioxidantes (JAVAN et al., 2015, tradução nossa), antibacteriana, anticancerígena e anti-inflamatória, também mostrou melhoras nos quadros de doenças crônicas, diabetes mellitus, infecções fúngicas e distúrbios imunológicos (DHAMODHARAN; MIRUNALINI, 2010, tradução nossa).

O *Champignon* foi selecionado pela *Canadian Cancer Society* (Sociedade Canadense de Câncer), como um importante combatente ao câncer de mama, próstata e hipertensão arterial (MC, 2007 apud OWAID; BARISH; SHARIATI, 2017, tradução nossa).

2.2 MERCADO

O Champignon vem se expandindo nos últimos anos com auxílio da tecnologia, em alguns países ele é muito apreciado, o mercado de champignon é liderado por China, Itália, Estados Unidos e Holanda e movimenta cerca de US\$ 35 bilhões de dólares anualmente com expectativa de crescimento de 9% até o ano de 2021, nesta mesma reportagem o autor relata que o consumo médio per capita dos países asiáticos é de cerca de oito quilos e europeus como Alemanha, consomem quatro quilos, França dois quilos e Itália um quilo e trezentos gramas por ano, no Brasil o consumo é de apenas 160 gramas (GOMES, 2018).

No Brasil o *Champignon* vem se popularizando, porém, seu custo ainda influencia o mercado brasileiro, o custo médio de 200 gramas sai por R\$ 15,00 (quinze reais) (GOMES, 2018).

Com um mercado de US\$ 35 bilhões de dólares segundo (GOMES, 2018), o Brasil mesmo com toda sua força agrícola e seu amplo território fértil importa cerca de 10 mil toneladas de países como China com preço inferior ao produzido em nosso território, este fato se dá pelas condições climáticas do nosso país, por ser um país extra tropical seu cultivo natural se restringe as regiões sul do Brasil com pequenos produtores em sua maior parte sem o auxílio de nenhuma tecnologia, explorando produções artesanais (FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014).

2.3 CULTIVO

O composto do *Champignon* é produzido a partir de esterco de cavalo fresco de camas de capim de estrebria, palha de arroz, capim ou bagaço de cana. O esterco deve ser de 20 a 30% do total da mistura, estes ingredientes são a base do composto, para completar a matéria prima necessita da adição de nitrogênio, este o qual necessita de suplementação (TEIXEIRA, 2018).

O material é feito em camadas com média de 1,80 cm de altura por 1,80 cm de largura e 1,80 cm de comprimento, considerando um volume de 3 toneladas, este volume ao final do processo será de 30 a 50% a menos do volume inicial, devido a mistura com água, o volume deve ser distribuído em camadas e a cada camada

acrescentasse os suplementos, que é composto de 15kg de Sulfato de Amônia, 30kg de calcário dolomítico ou cálcico, 4kg de superfosfato simples, 10kg de gesso, 20kg de farelo de soja, algodão ou esterco de galinha e 50L de água, este material deve ser misturado e adicionado de uma só vez e uniforme para a homogeneidade da massa (TEIXEIRA, 2018), na figura 2 pode se observar o composto descansando para a frutificação.

Figura 2 – Composto



Fonte: Compobras (2014).

2.3.1 Condições de Cultivo Natural

Os ambientes naturais dos cogumelos, são em regiões com temperaturas mais baixas, o ideal é com variação de 17 a 19°C na frutificação e de 20 a 25°C no seu desenvolvimento, este clima favorece alguns países de clima temperado, a frutificação dos cogumelos costuma ocorrer no início da primavera após um longo período de inverno, os cogumelos costumam aparecer em beiras de rios e cavernas (DIAS et al., 2004 apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014).

As condições citadas acima fazem com que os cogumelos fiquem restritos a serem produzidos em regiões de clima ameno, o controle destas condições influencia diretamente no custo de produção dos Champignons, o cultivo natural se

limita às regiões sul e sudeste do Brasil (DIAS et al., 2004, apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014), na figura 3 o fungo em seu habitat natural.

Figura 3 – *Agáricus bisporus* na natureza



Fonte: Farmer (2019).

2.3.2 Condições de Cultivo Controlado

Para as condições de cultivo controlada, o ideal é aproximar ao máximo de seu habitat natural, com baixa temperatura e alta umidade, aspectos comuns a propagação de fungos de várias espécies e o *Champignon* é uma delas.

Um dos principais fatores para a indução da frutificação do *Champignon* é reduzir a temperatura em sua frutificação, em um estudo realizado, observou-se que a incubação ideal varia de 13 a 17°C (DIAS et al., 2004 apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014). Um pouco abaixo de seu habitat natural que é de 17 a 19°C, após a frutificação deve se aumentar a temperatura para 25°C, nesta etapa a temperatura controlada no limite máximo de cultivo de um ambiente natural se mostrou mais eficaz, na natureza esta temperatura costuma ficar entre 20 a 25°C. No artigo publicado a revista Ciência Rural os autores obtiveram a seguinte conclusão, “A 25°C, a colonização completa do composto ocorreu em 13 dias, enquanto que, a 21°C, a colonização completou-se em 24 dias, ou seja, 11 dias a mais (FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014)”.

Para um cultivo eficaz deve-se controlar, umidade relativa do ar entre 80 e 90%, umidade do solo cerca de 70%, neutralização do pH deve ficar entre 7 e 7,5 e

manter o ambiente com baixa luminosidade, simulando a sombra de árvores em uma floresta ou uma caverna, além disso a irrigação deve ser feita pela manhã em forma de pulverização e duas horas antes de cada colheita (TEIXEIRA, 2018).

2.3.3 Estufas de Cultivo

O modelo de cultivo em ambientes do tipo estufas ou cultivo protegido como também é conhecido, é indicado para culturas que têm o desenvolvimento mais rápido. No caso citado acima, a produção é em média de 20 a 25 dias, tornando viável sua produção em estufas, um outro fator é sua forma de plantio que pode ser em estaleiros podendo empilhar a produção em mais níveis, proporcionando maior rentabilidade por metro quadrado favorecendo assim pequenos agricultores.

As estufas proporcionam a produtores de diversas regiões, produzem culturas como frutas e hortaliças que não são comuns a uma localidade, embora o investimento em estufas seja relativamente alto, a produção faz com que o valor seja recuperado em pouco tempo (CAMPOS, 2016).

As estufas proporcionam criação de microambientes de produções agrícolas, elas podem produzir em épocas ao qual um determinado cultivo não é propício, pois o controle de luz, irrigação e por se tratar muitas vezes de seu cultivo não estar diretamente em contato com o solo, reduzindo assim doenças e pragas que dizimam a produção (LONAX-ADMIN, 2018), as estufas podem ou não serem automatizadas por alguns dispositivos elétricos e ou eletrônicos.

A automatização e o controle das variáveis que influenciam diretamente em uma produção, tornando-a mais significativa, seja no seu peso, tamanho e quantidade, estufas automatizadas ou não são as formas de produção que fazem possível pequenos ambientes se tornarem grandes produtores, na figura 4 o cultivo do *Champignon* em estufas de cultivo controlado.

Figura 4 – *Agáricus bisporus* em ambientes controlados



Fonte: Farmer (2019).

2.4 INTERNET DAS COISAS

A internet das coisas, do inglês, *Internet of Things* (IoT), é a comunicação Máquina a Máquina (M2M), permite que diversas máquinas se comuniquem entre si, com ou sem a interação do homem, a troca de dados entre carros autônomos, máquinas industriais, processo de produção como por exemplo, *Radio-Frequency Identification* (RFID), que permite que uma peça avance em linha de produção, proporcionando o controle de onde está a peça, qual o estoque de determinado produto em tempo real entre outros (SAP BRASIL, 2016).

IoT está presente em diversas utilidades nos dias de hoje, setores como indústria, comércio, militar, agronegócio, automotiva, logística, *smart cities*, aéreo e aéreo espacial entre outros (SAP BRASIL, 2016).

Gartner (2013), estima que até 2020 serão 26 bilhões de unidades instaladas em todo o mundo de equipamentos de IoT e que seus fornecedores de produtos gerarão uma receita de US\$ 300 bilhões e que o resultado disso será US\$ 1,9 trilhões em valor econômico global agregado por vendas e serviços (MIDDLETON; TULLY; KJELDSEN, 2013).

2.4.1 Diferenças entre Automação e Internet das Coisas

O que a IoT traz de novo em relação a automação? A automação proporciona agendar eventos programados em rede, comandos relacionados ao tempo, ativação e desativação de luzes em um horário específico e eventos não programáveis, utilizando ajuda de sensores, como exemplo sensores fotovoltaicos para acender as luzes dos postes da cidade (SOLANKI, 2018, tradução nossa).

A automação é a aplicação de tarefas a máquinas que fazem serviços, que eram feitos por seres humanos, algo padronizado, perigoso ou que para a produção humana seria improdutivo, empresas vem cada vez mais automatizando suas linhas de produção e aumentando suas produtividades. A automação se difundiu por volta do ano de 1946 na indústria automobilística. Em uma linguagem mais clara, é o processo de automatizar, controlar linhas de produção mecanizadas (GROOVER, 2019, tradução nossa).

Para os processos que se referem a um fluxo de trabalho que opera de forma automática ou independente de supervisão humana constante, damos o nome de automação. A automação traz benefícios aos provedores de serviços e clientes. Os clientes obtêm um melhor serviço prestado, melhor tempo de resposta e geralmente custos mais baixos. Para os provedores, maior fidelização dos clientes, desenvolvimento de sua marca e atuar em uma maior escalabilidade (YIP, 2018, tradução nossa).

Internet das coisas, o conceito parte de que qualquer aparelho elétrico e eletrônico conectado a uma rede, que gerir interação de dados, compartilhando entre si informações que caracterizam o comportamento ou o modelo de como as coisas são utilizadas, podendo assim melhorá-las (SOLANKI, 2018, tradução nossa).

Segundo a Cisco estima-se que haja 10 bilhões de dispositivos conectados em rede, até 2020 haverá um aumento para 50 bilhões, a todo tempo estes dispositivos estão trocando informação e capturando dados para que possa ser melhorada sua experiência (SNIDE, 2013, tradução nossa).

A grande característica que distingue a automação da IoT, é que a automação é o processo de automatizar uma função, seja ela residencial, industrial ou comercial, funções pré-programadas que independe de supervisão constante de

um humano. Já a IoT, traz integrado a própria automação, equipamentos ou coisas conectadas a uma rede gerando dados, trocando informações, proporcionando melhoras na usabilidade e até mesmo controles remotos.

2.4.2 Vantagens de Implementar Internet das Coisas

Entendendo a diferença entre automação e IoT, pode se questionar.

Qual a grande vantagem de um sistema conectado em rede? O controle que o modelo IoT proporciona, é, controlar, programar, ajustar qualquer coisa, que conectado ao sistema de qualquer lugar do mundo e ao mesmo tempo coletar dados para uma análise comportamental, podendo ser melhorada no futuro.

Vantagens da IoT (MICROMYPE SOLUTIONS, 2019):

- a) dados Inteligentes, os novos dispositivos são capazes de rastrear padrões de preferências, possibilitando que o dispositivo aprenda com as informações e possa antecipar as ações;
- b) trabalho remoto, proporciona o trabalho de qualquer lugar do mundo;
- c) autonomia, além de controlar remotamente, é possível programar a distância um evento e ser informado das condições das ações programadas;
- d) eficiência, com o controle proporcionado pela IoT, o trabalho se torna menos sucessível a erro, uma vez que qualquer anomalia ocorrida, o sistema informará e a correção ou até mesmo o abortamento da ação pode ser efetuada remotamente.

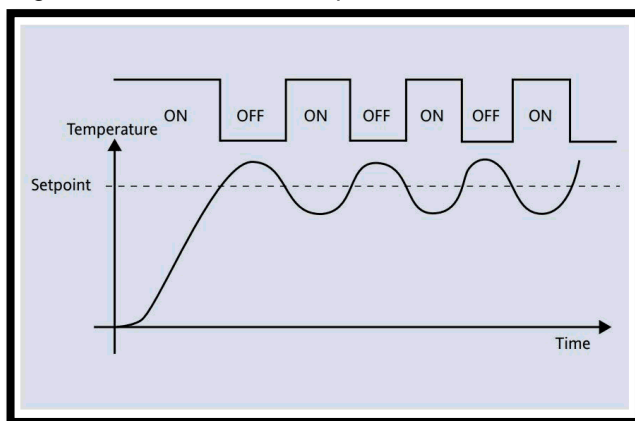
2.4.3 Controle Temperatura

O controle de temperatura é usado em diversos setores como, indústria, comercio, aviários, estufas para cerâmica, queima de fumo, automóveis entre outros. Controlar a temperatura está ligado diretamente a vida útil de um equipamento ou bem de consumo, a qualidade de um processo de produção e na agricultura, ao desenvolvimento de determinado cultivo, sendo a variação do controle para baixo ou para cima.

Controles de temperatura, são responsáveis por garantir os padrões previamente estabelecidos, existem vários tipos de controles de temperaturas abordaremos os mais utilizados.

Controle de Temperatura ON/OFF, tem melhor custo benefício, funciona com um *setpoint*, se a temperatura cair abaixo do ponto estabelecido ou subir o dispositivo liga e desliga para que o equipamento mantenha-se em uma faixa determinada (SILVEIRA, 2017), na figura 5 o modelo ON/OFF.

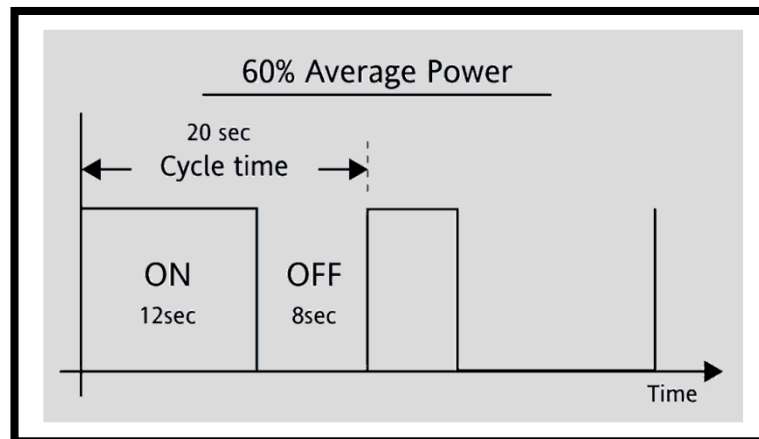
Figura 5 – Controle de Temperatura ON/OFF



Fonte: Silveira (2017).

Controle de temperatura proporcional diferentemente do controle ON/OFF, onde sua ação ocorre quando a temperatura sobe ou desce do ponto estabelecido, este controle é projetado para ser acionado antes que a temperatura saia do limite determinado, os controles funcionam como um potenciômetro aumentando e diminuindo a energia e estabilizando a temperatura na faixa (SILVEIRA, 2017), o modelo da figura 6 representa o controle proporcional.

Figura 6 – Controle de Temperatura Proporcional a 60%

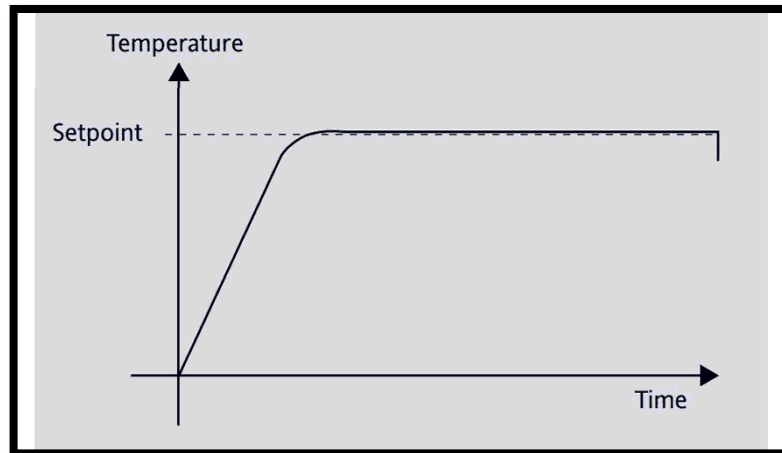


Fonte: Silveira (2017).

Na figura 6 o tempo de ciclo é de 20s, onde 60% do tempo fica em ON (12s) e 40% em OFF (8s), este modelo proporciona que a temperatura não saia da faixa estabelecida.

Controle de temperatura Proporcional, Integral e Derivado (PID), este controle é o mais inteligente, o proporcional, atual igual ao mencionado anteriormente, ele possibilita que a temperatura opere dentro de faixa estabelecida, já o integral, leva em consideração os valores passados recentes e o derivado determina a reação apropriada baseada nos ritmos dos dados passados. Os três elementos juntos utilizam os dados do passado, presente e estimativas do futuro para gerar um algoritmo específico de controle compensando a variável de erro e processo do ponto de ajuste, mantendo a temperatura em uma constante, a figura 7 representa o modelo de controle PID.

Figura 7 – Controle de Temperatura PID



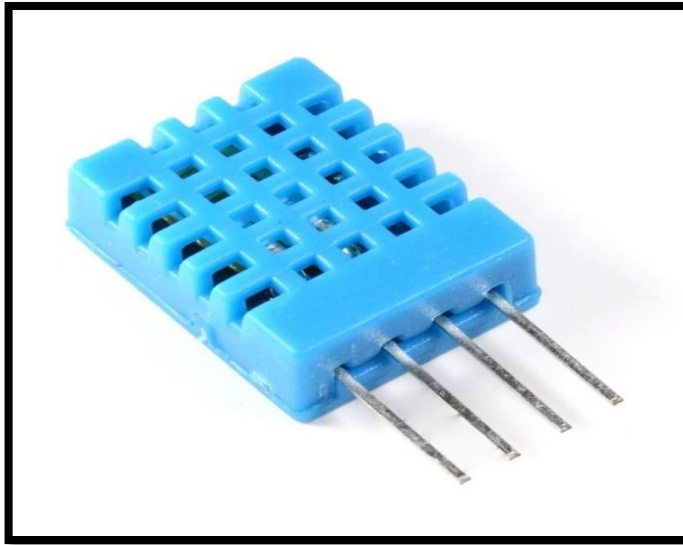
Fonte: Silveira (2017).

2.4.4 Controle Umidade do Ar

O nome do equipamento utilizado para medir a umidade do ar é o higrômetro, esse dispositivo é capaz de mensurar a umidade relativa do ar, podendo ser utilizado ao ar livre ou em ambientes fechados como farmácias, laboratórios, bares e restaurantes, almoxarifados, estufas entre outros.

Muitos bens de consumo necessitam deste controle, frutas, verduras e fungos tendem a ficar em ambientes mais umedecidos para não estragarem, em contrapartida ambientes como farmácias devem manter seu ar mais seco para que a umidade não danifique os medicamentos, o controle da umidade permite que produtos tenham uma vida útil mais longa, evitando o apodrecimento por falta ou excesso de umidade, estes sensores podem ser digitais ou analógicos e são de comum acesso e de fácil instalação (ALMEIDA, 2017), a figura 8 mostra um modelo de sensor de umidade relativa do ar.

Figura 8 – Modelo de Sensor de Umidade relativa do ar

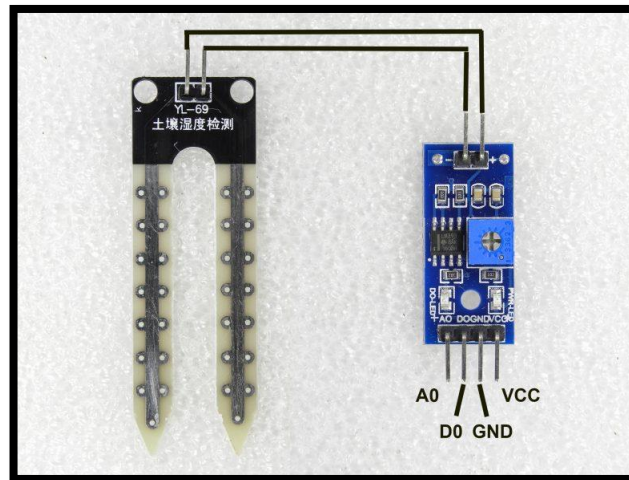


Fonte: Filipeflop (2019).

2.4.5 Controle Umidade do Solo

Sensores de controle de umidade do solo atuam basicamente medindo a resistividade do solo, quando a terra está molhada, a resistividade será menor e quando estiver seca, a resistividade será maior. O dispositivo que mede a umidade do solo é semelhante a um garfo, com duas hastes de metais separadas por um pequeno espaço entre elas, cerca de 2cm, para que seja feita a medição, uma haste passa corrente para outra e o solo atua como resistor, proporcionando ao sensor fazer uma medida, baseada no diferencial de potencial do ponto de partida para o ponto de chegada, quanto maior a tensão menor será a umidade e quanto menor a tensão maior será a umidade (MURTA, 2019), a figura 9 representa um dos modelos de sensor de umidade do solo para Arduino.

Figura 9 – Modelo de Sensor de Umidade solo



Fonte: Murta (2019).

2.4.6 Irrigação por Pulverização

A Irrigação é uma técnica muito antiga e proporcionou que povos de regiões áridas pudessem prosperar, com o passar dos anos e o avanço das tecnologias a demanda por água pelas atividades humanas, aumentou significativamente, questionando então como obter maneiras mais eficientes para consumir menos recursos (SÁ, 2011).

Existem várias formas de irrigação, as mais tradicionais são (FRIZZONE, 2017):

- irrigação por aspersão, este sistema lança um jato d'água sob pressão no ar, lançando pequenas gotas de água sobre o solo;
- micro irrigação que é também conhecida por irrigação localizada, como exemplo gotejamento, este processo ocorre com a emissão de volumes de água em áreas de interesse;
- irrigação por superfície, a água é aplicada na região onde se deseja irrigar e utiliza a superfície do solo para condução da mesma;
- irrigação subterrânea, consiste em aplicar água ao subsolo, o volume de água ao subsolo cria um lençol freático de água artificial, deve se manter

a uma profundidade suficiente para se manter um volume de água satisfatório ao cultivo.

Irrigação por pulverização ou aspersão, dispensa sistematização do terreno, facilitando a instalação e reduzindo o custo, não requer construções de canais de distribuição, economizando e aproveitando melhor o terreno ao dispensar o uso de diques ou sulcos, proporciona mobilidade, o transporte de água pode ser por encanamentos menores, como mangueiras de jardim, se adequa a maioria das culturas e solos, além de proporcionar uniformidade as culturas e reduzir o risco de excesso de água (TESTEZLAF, 2014), na figura 10 mostra um sistema de irrigação por pulverização.

Figura 10 – Modelo Irrigação por Pulverização



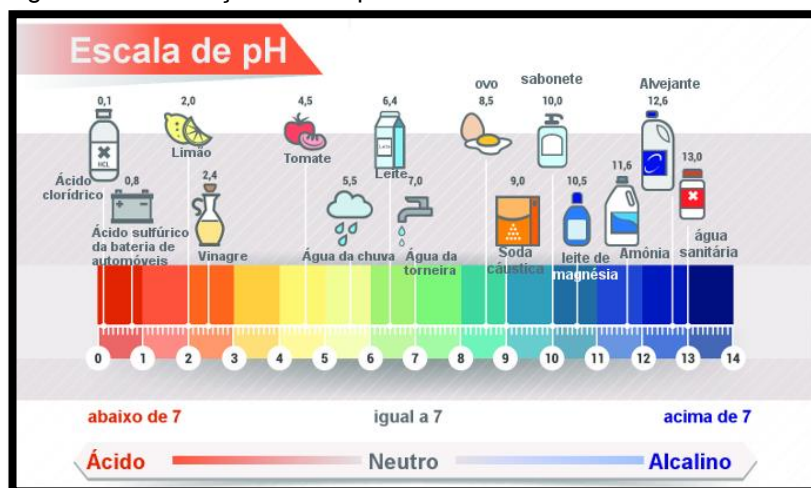
Fonte: Faria (2016).

2.4.7 Controle pH

Potencial Hidrogeniônico (pH), representa a quantidade de cátions hidrônio (H^+ ou H_3O^+) disperso em uma solução. O cientista Arrhenius propôs a definição de ácido aos cátions hidrônio, ácido é a substancia capaz de se ionizar e produzir íons hidrônio em meio aquoso. A referência da sigla pH, determina o nível de acidez de um meio, também é utilizada para determinar a acidez, se um meio é neutro ou básico (DIAS, 2019).

O pH é adquirido a partir de uma formula matemática que calcula a concentração do íon na solução, existe uma escala numérica que vai de 0 a 14 de ácido - básico, os níveis de 0 a 6 são ácidos, 7 neutros e de 8 a 14 a solução é básica ou alcalina (CARDOSO, 2019), na escala apresentada na figura 11, pode se observar a variação do pH de ácido a alcalino.

Figura 11 – Ilustração Escala pH



Fonte: Fogaça (2019).

Para que se possa estabilizar o pH do solo e corrigir sua acidez, tradicionalmente usa-se calcário, que neutraliza o alumínio, melhora a absorção de minerais. Para corrigir os solos alcalinos, usa-se enxofre e sulfato de ferro e alumínio, os solos brasileiros são em sua maioria ácidos ou neutros (TRINDADE, 2019).

Para que se possa estabilizar o pH, antes é necessário realizar a medida dos níveis de pH, identificando o nível toma-se as providências para ajustar o nível as condições ideais das culturas. O equipamento utilizado para medir os níveis do pH é conhecido como pHmetro.

O pHmetro é o dispositivo usado para realizar a medição dos níveis de pH, o medidor de pH funciona semelhante a um voltímetro, medindo a diferença de um eletrodo de referência a um eletrodo de pH (SILVEIRA, 2019), na figura 12 tem-se um pHmetro para placas de Arduino.

Figura 12 – Modelo de pHmetro para Arduino



Fonte: Caballero (2017).

2.5 PROTOTIPAGEM

Derivado do grego, *Protós*, primeiro e *Typos*, tipos, protótipo basicamente significa primeiro modelo, consiste em testar algo como uma pesquisa ou ideia, para ver se a mesma atende as necessidades, a partir do modelo pode se ajustar e melhorar os processos, uma vez que os testes sejam satisfatórios parte-se para a produção (ENINE NETO, 2016).

Prototipar é simular em um modelo afim de representar o funcionamento de uma invenção, mesmo que a ideia esteja em fase inicial, o propósito de uma prototipagem é fazer com que o modelo da ideia saia o mais barato possível a fim de validá-la no mercado (BARBOSA, 2018).

2.5.1 Hardwares para Prototipagens

Com o avanço da tecnologia em particular a eletrônica, que vem transformando mercados nos últimos anos, com componentes cada vez menores e mais rápidos, algumas soluções de *hardwares* surgiram para prototipagem, os setores de automação e IoT, tem se beneficiado desta evolução, *hardwares* como microcontroladores, a exemplo o Arduino e *RaspberryPi* além de sensores de diversas utilidades, está proporcionando que invenções de qualquer espécie possam sair do

papel e virem realidade, estes *hardwares* são de excelente custo benefício e se adequam a quase todos os tipos de projeto, permitindo uma prototipagem, rápida e com excelente custo benefício, podendo assim validar o modelo no mercado com rapidez.

O uso de placas expansíveis, conhecidas como *Shields*, tornaram possíveis a produção de projetos rápidos, além de proporcionar provas de conceitos, os *Nanoshields* como popularmente conhecidos, são sistemas de eletrônica modular e são utilizados para prototipagem rápida, estes tipos de *hardwares* trazem a vantagem da eliminação de fios, além de eliminar tarefas como, soldagem de fixação de componentes adicionais, o projeto fica elegante, compacto e robusto (AUGUSTO, 2018).

Arduino é uma plataforma de prototipagem, um ecossistema de *hardware* e *software*. Existem uma gama de ferramentas, de *software* para o *hardware*, boa documentação e é de código aberto. O Arduino se tornou popular entre os desenvolvedores de produtos de IoT e automação, começou como uma pesquisa e se tornou uma grande ferramenta, seu lançamento foi em 2005 na Itália, atualmente o Arduino é o *hardware* de prototipagem mais difundido no mundo, usado por estudantes, amadores e profissionais (ARDUINO, 2019, tradução nossa).

Atualmente no mercado existem várias placas baseadas no Arduino, pelo fato do projeto ser *Open source*, muitas empresas investiram e adotaram o padrão do Arduino. Essa Ascensão proporcionou que empresas de fabricação de *hardware* comesçassem a investir em componentes para se acoplar ao mesmo, hoje existem vários sensores controladores até mesmo telas *Liquid Crystal Display* (LCD) que se encaixam perfeitamente ao Arduino, na figura 13 o modelo da placa do Arduino.

Figura 13 – Arduino Uno Wifi REV2

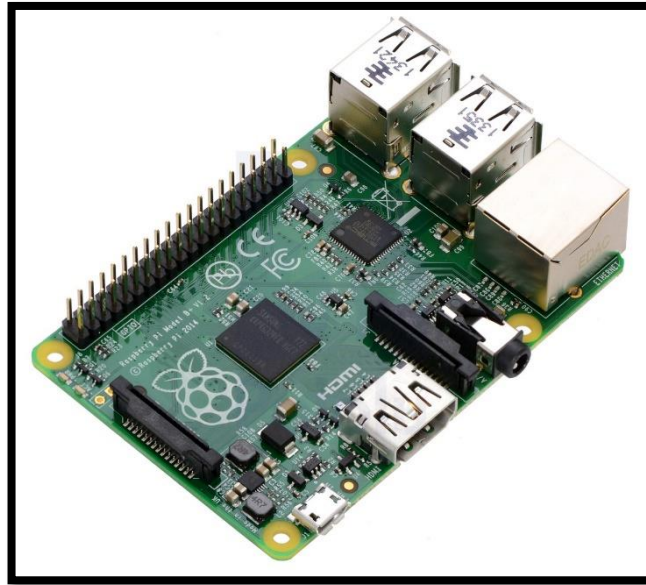


Fonte: Arduino (2019).

Raspberry é outro microcontrolador *Open Source*, este por sua vez surgiu um ano após o Arduino em 2006 e é da empresa *RaspberryPi* do Reino Unido. O objetivo do projeto era proporcionar um produto de baixo custo, tamanho reduzido e várias funcionalidades, sendo possível integrar projetos de *hardware* e *software* com facilidade (CRUZ; LISBOA, 2014 apud MOTA et al., 2016).

Entre os modelos citados acima, em termos de custo benefício o Arduino se sobressai, seu custo chega a ser até dez vezes mais em conta, porém apresenta algumas limitações em relação ao *Raspberry*, o modelo Britânico proporciona rodar um sistema operacional Linux, que por sua vez se torna um componente bem poderoso, podendo utilizar recursos como rodar um *webservice* dentro dele podendo ser usado até como cluster, além disso, eles trabalham muito bem juntos e o uso deles em conjunto pode proporcionar uma grande experiência para o desenvolvimento de protótipos de alto nível, que pode ser rodado em clientes para testes de novos projetos, é um ótimo conjunto de *hardware* e com grande recursos de *software*, a figura 14 mostra a placa microcontrolador *Raspberry Py*.

Figura 14 – Raspberry Py modelo B



Fonte: Arduino e Cia (2014).

2.6 WEB SERVICES

Web Service é uma tecnologia que surgiu para facilitar as comunicações entre diferentes aplicações, ela permite que *softwares* de fabricantes totalmente desvinculados, utilizem serviços disponibilizados por uma empresa terceira, facilitando integrações entre as mesmas, um exemplo que pode ser dado é uma loja virtual que terceiriza seus serviços de pagamento a uma empresa de cartão de crédito, ou serviços de transporte como correios.

Os *WebServices* permitem as comunicações entre aplicações, independente da linguagem ou sistema operacional. A comunicação pode ser feita entre servidores distintos, os serviços normalmente utilizam protocolo HTTP, enviando e recebendo mensagens de dados que geralmente são nos formatos XML ou JSON. Entre os principais motivos para o uso de um *WebServices* é a integração entre serviços diferentes e padronização nas comunicações entre os mesmos (AUGUSTO, 2019).

Com o crescimento da aplicação ao longo do tempo, os *Web Services* permitem a fragmentação da aplicação facilitando a manutenção,

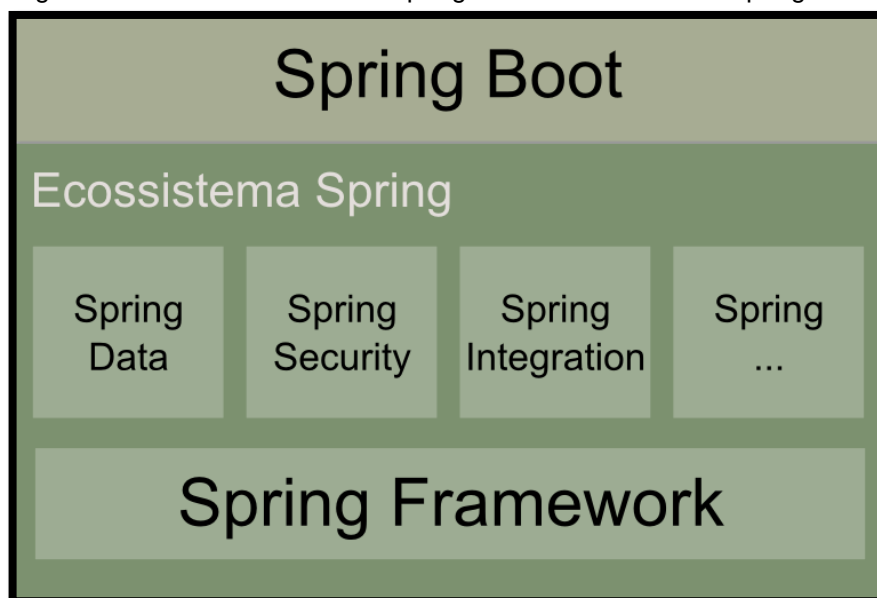
2.6.1 Spring Boot

Spring Boot é um *framework* para desenvolvimento de aplicações em JAVA, o objetivo do *framework* é proporcionar aos desenvolvedores facilidade para desenvolver *softwares* para o lado do servidor, embora o *Spring* também ofereça a possibilidade de desenvolver o *front-end* da aplicação, seu maior poder fica no *back-end*, o *Spring* proporciona uma rápida configuração para aplicações JAVA, integrando com banco de dados, bibliotecas e recursos como Java *Persistence* API (JPA), servidor de aplicação e até mesmo conversão de objetos para *JSON* e de *JSON* para objeto, sem precisar adicionar nenhuma biblioteca externa, seu núcleo oferece todas as configurações na criação do projeto com poucos cliques, para rodar sua aplicação basta apenas subir o *Web Application ARchive* (WAR) para o servidor de produção ou se preferir executar o JAVA ARchive (JAR), que a aplicação funcionará rapidamente.

O *framework Spring Boot*, tornou se popular entre os desenvolvedores de JAVA que queriam aplicações conhecidas como *Application Programming Interface* (API), micro serviços que respondem a requisições HTTP, de diversos formatos.

O *Spring Boot* também foi denominado como um micro *framework*, seu objetivo não é trazer soluções para o que já foi resolvido e sim reaproveitar estas tecnologias aumentando a produtividade dos desenvolvedores. Um exemplo do ecossistema do *Spring* é representado na figura 16.

Figura 16 – Posicionamento do Spring Boot no ecossistema Spring.



Fonte: Weissmann (2015).

Como mencionado acima, o *Spring Boot* utiliza a linguagem de programação JAVA, uma das linguagens mais difundidas na atualidade, com uma grande comunidade, o JAVA se mostrou muito confiável ao longo do tempo, as maiores empresas de tecnologia tem soluções desenvolvidas em JAVA, bancos, bolsa de valores e até a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço do inglês *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), utilizam esta linguagem em suas aplicações (BRITO, 2014).

O JAVA é uma linguagem de programação orientada a objeto, foi desenvolvida nos anos 90 pela *Sun Microsystems*, posteriormente vendida a *Oracle*, que detém a tecnologia até hoje. A maior vantagem do JAVA, é que um único código pode rodar em qualquer dispositivo ou sistema operacional, seu código é compilado em *bytecode* e executado por uma máquina virtual. O fato do JAVA ser multiplataforma ganhou fama e tornou se quase onipresente, esse avanço foi tão importante, que quase todos os dispositivos da atualidade têm sua máquina virtual instalada (BRITO, 2014).

,Afim de desenvolver a pesquisa, optou-se por uma ferramenta disponibilizada gratuitamente e bem utilizada no mercado de desenvolvimento de *softwares*, o MySQL.

MySQL é um banco de dados *open source*, está entre os mais populares do mundo atualmente, ele proporciona uma excelente consistência, alta performance, confiabilidade além de ser fácil de utilizar. Em um artigo publicado pela Oficina da Net (2007), relata que a mais de 6 milhões de instalações atingindo todos os continentes, inclusive na Antártica, sua popularização está entre as grandes corporações e em aplicações embarcadas, o MySQL, se tornou um dos principais banco de dados devido a pilha de desenvolvimento da Apache para os diferentes sistemas operacionais, Linux, Apache, MySQL e PHP (LAMP) para o Linux, MacOS, Apache, MySQL e PHP (MAMP) para o MacOS e para o Windows, Windows, Apache, MySQL e PHP (WAMP), servidores de aplicações para desenvolvimento rápido .

2.7 APLICATIVO MOBILE

Desde o surgimento dos *smartphones*, o mercado de *software* teve uma grande evolução, impossível pensar em construir um sistema ou site, sem pensar em adequá-lo aos padrões responsivos aos *smartphones*, aplicativos estão mudando a vidas das pessoas, mas o que o mercado de aplicativos representa atualmente em números?

De acordo com Fundo de População das Nações Unidas (FRANCISCO, 2013), a população mundial já era de 7,2 bilhões de habitantes, com um ritmo anual de crescimento de 0,33% ao ano, esses valores divididos pelo continente representam 1,1111 bilhões na África, 953,7 milhões na América, 4,427 bilhões na Ásia, 742,5 milhões na Europa e de 40 milhões na Oceania.

Atualmente o número de *smartphones* no mundo é de 5 bilhões, onde 20% desse número está concentrado na China, a Índia também contribui com quase 15%, colocando a Ásia entre os continentes mais conectados do mundo (AGRELA, 2017).

A receita derivada de aplicativos no ano de 2018 no cenário mundial, foi de US\$ 101 bilhões, valores informados pelas lojas de aplicativos oficiais da *AppStore* e *Google Play Store*, as duas marcas mais difundidas no mercado de *smartphones*, aplicativos e sistemas operacionais para celulares, esses valores não incluem a receita geradas pelos aplicativos como lojas, taxis, *delivery* entre outros. Neste cenário o destaque está relacionado aos *games*, com cerca de 74% do faturamento das lojas,

os outros 26% ficam para os demais aplicativos, esta diferença vem diminuindo, em 2016 este número era de 82% para os *games* e de 18% demais aplicativos (PAIVA, 2019).

No Brasil a movimentação de 2018, foi de US\$ 3 bilhões, o país é a maior relevância da América Latina do mercado de *smartphones*, entre as aplicações mais procuradas pelos brasileiros estão, aplicações em formato de vídeos, Inteligência Artificial e segurança (DINO, 2019).

A perspectiva de faturamento até o ano de 2021, para o mercado de aplicativos é de US\$ 6,3 trilhões em todo o mundo, o Brasil está entre os países mais emergentes com cerca de 60% da população adulta utilizando *smartphones*, seguido das Filipinas com 55%, México com 52% e Índia com 24% (DEMARTINI, 2019).

2.7.1 Sistemas Operacionais

Sistemas Operacionais (SO) para smartphones são um mercado extremamente concorrido, ao longo da história dos celulares, alguns se destacaram, mas apenas dois dominam o mercado.

O Sistema Operacional do Google, o Android detém cerca 85% do mercado de *smartphones*, em segundo colocado o iOS da Apple com 14,7%, Windows Phone com 0,1% e outros somados 0,1% (CIRIACO, 2017), pode-se analisar na figura 17.

Figura 17 – Comparativo entre SO.



Period	Android	iOS	Windows Phone	Others
2016Q1	83.4%	15.4%	0.8%	0.4%
2016Q2	87.6%	11.7%	0.4%	0.3%
2016Q3	86.8%	12.5%	0.3%	0.4%
2016Q4	81.4%	18.2%	0.2%	0.2%
2017Q1	85.0%	14.7%	0.1%	0.1%

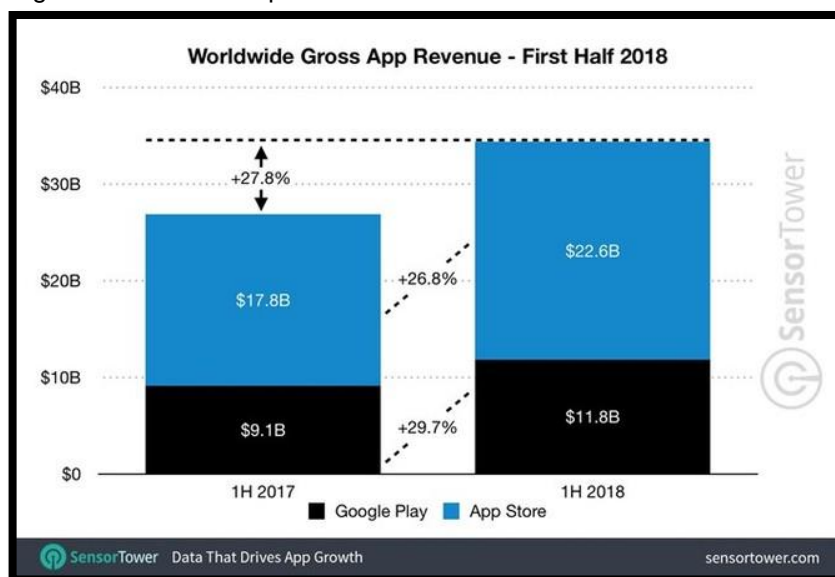
Source: IDC, May 2017

Fonte: Ciriaco (2017).

A concorrência entre os SO de *smartphones*, fica entre o Google com Android e a Apple com o iOS, juntas detêm cerca de 99% do mercado, mas a um outro comparativo que deve ser feito, entre os sistemas atuante Android como visto acima tem 85% do mercado, porém deve-se analisar o mercado de downloads de aplicativos.

Entre as lojas de aplicativos, a App Store é que traz mais ganhos aos desenvolvedores mesmo com uma fatia cinco vezes menor que sua concorrente Play Store, o motivo dessa ocorrência é que o público dos *smartphones* da Apple atingirem uma classe maior, que tendem a gastar dinheiro comprando em suas lojas, enquanto que o Android, se mantém com um público de classe mais baixa, concentrando seus ganhos com anúncios nos aplicativos (MICHEL, 2018), na figura 18 poden-se ver os números no gráfico da primeira metade de 2018.

Figura 18 – Vendas Aplicativos Android vs iOS



Fonte: Michel (2018).

A venda de aplicativos demonstrada pelo gráfico acima, mostra que mesmo o iOS com 14,7% do mercado tem um faturamento de 22,6 bilhões, o dobro do faturamento do Android com 85% do mercado e uma receita de 11,8 bilhões.

2.7.2 Aplicações Híbridas

A solução encontrada pelas empresas para poder atingir 99% do mercado e aumentar seu faturamento é desenvolver aplicações híbridas, capazes de solucionar este problema, porém existem várias soluções no mercado, umas oferecem mais velocidade no desenvolvimento, outras são mais lentas no quesito performance, uns trazem linguagens mais comuns ao desenvolvedores, ajudando a encontrar profissional no mercado para integrar a equipe de desenvolvimento, veremos a seguir quais os benefícios da aplicação híbrida.

As aplicações nativas, trazem benefícios em performance, pois são desenvolvidas em seu código específico, maiores recursos de comunicação com o *aparelho*, uma gama de bibliotecas escrita para atender a todas as necessidades do sistema operativo ali instalado. Por outro lado aplicações híbridas ou *cross plataforma*, são tecnologias desenvolvidas em uma única linguagem, que varia de acordo com o framework escolhido, como exemplo, o Ionic utiliza as tecnologias web, como *Hyper Text Markup Language* (HTML5), *Cascading Style Sheet* (CSS), JavaScript e Angular, seu código roda em cima de uma *WebView* compilado em contêineres nativos como Cordova, a produção nessa tecnologia é mais rápida, pode ser feita por desenvolvedores webs já atuante nas empresas, seu maior problema é a performasse. Como seu código é interpretado perde-se alguns segundos de velocidade de execução do aplicativo (WENZEL, 2018).

Os *frameworks* híbridos ou *crossplatforms* como são conhecidas as aplicações que rodam com apenas um código em todos os aparelhos, com poucas variações de códigos específicos nativos, entre os mais conhecidos no mercado e suas características estão:

Ionic, como comentado anteriormente é um código aberto completo para desenvolvimento de aplicativos, é empacotado no Cordova e utiliza ferramentas como AngularJS, HTML5, CSS e JavaScript (SILVA, 2018).

React Native, desenvolvido pelo Facebook, utiliza tecnologias como ECMAScript6, CSS Flexbox, JSX, além de utilizar dos pacotes *Node Package Manager* (NPM)(SILVA, 2018).

Flutter, desenvolvido pelo Google, é uma plataforma que permite desenvolvimento em tempo recorde e oferece uma excelente performance, seu código é desenvolvido em Dart, uma linguagem também desenvolvida pelo Google (SILVA, 2018).

2.7.3 Plataforma Flutter

O Flutter é um *framework* de desenvolvimento *mobile* disponibilizado gratuitamente pelo Google, proporciona que desenvolvedores possam criar aplicações para os sistemas operativos Android e iOS, com um único código, ele foi lançado na *Mobile World Congress* em 2018, com Flutter o desenvolvedor pode produzir aplicativos com *widgets* disponibilizados pelo Google, proporcionando a produção de apps para Android e iOS em tempo recorde, ele suporta os últimos lançamentos de *smartphones* e sistemas operacionais do mercado, como iPhone X e o iOS 11 (KLOPPER, 2018).

As características do Flutter são possibilitar que os desenvolvedores criem aplicativos bonitos, além do kit de *widgets* disponibilizados pelo Google, o *framework* entrega uma grande liberdade ao *designer* para criar, modelos de *widgets* personalizados e animações, o conjunto de ferramentas fornecido pelo Flutter permite que o *designer* abuse de sua criatividade (ALENCAR, 2019).

Entre os fatores positivos e os fatores negativos da ferramenta que é baseada na linguagem de programação Dart, também desenvolvida pelo Google em 2011, os fatores positivos são (CAPPELLI, 2018):

- a) aplicativos móveis mais rápidos, por possuir seus próprios *widgets* os aplicativos se tornam mais rápidos e podem rodar animações em até 60 *Frames Per Second* (FPS), mas sua grande vantagem é que a compilação do aplicativo é transformado em código nativo de cada sistema operacional.
- b) *Hotreload*, com esse recurso o desenvolvedor vê em tempo real toda a alteração feita em seu aplicativo, permitindo que prossiga com seu desenvolvimento sem precisar recompilar ou dar *refresh*.

- c) suporte oficial do Google, contar com o suporte faz uma grande diferença, correções rápidas, documentações atualizadas e integração fácil com outros serviços como *firebase* e *login*.
- d) fácil para instalar e configurar, Flutter conta com um assistente de instalação chamado de Flutter Doctor, ele verifica se sua máquina não preenche algum requisito antes da instalação, informando o que é necessário para que a ferramenta seja instalada corretamente. Flutter suporta várias *Integrate Development Environment* (IDE) e Editores, entre eles IntelliJ IDEA, VS Code e a ferramenta oficial de desenvolvimento do android, Android Studio, o qual facilita a sua instalação.
- e) a mesma *interface* até em dispositivos antigos, como mencionado anteriormente, devido a utilização de *widgets* personalizados, e não os nativos de cada plataforma, o aplicativo fica bonito em celulares antigos e novos, em sistemas operativos Android ou iOS.

Para os fatores negativos pode-se destacar:

- a) suporta apenas *mobile*, atualmente o Flutter tem somente suporte para aplicações *mobile*, não podendo ser expandida as aplicações webs ou PWAs, o que se pode afirmar é que Flutter dará suporte ao novo sistema operacional que está sendo desenvolvido pela Google que irá substituir o Android, o Fuchsia.
- b) recente, por ser uma ferramenta de desenvolvimento recente Flutter ainda está em beta, portanto sua estabilidade ainda é questionada, alguns recursos importantes ainda estão em desenvolvimento.
- c) poucas bibliotecas, por ser um *framework* novo, a poucas bibliotecas desenvolvidas para o mesmo, exigindo que o programador faça alguns recursos manualmente.

2.7.4 Linguagem Dart

Dart é uma linguagem de programação desenvolvida pelo Google e lançada em 2011, a necessidade de interagir *front-end*, *mobile* e *serverside* ao mesmo tempo, fez com que o Google criasse uma linguagem que proporcionasse tal feito. Dart foi originalmente desenvolvida para a web, é baseada em compilação de código JavaScript, utiliza conceito de classes e orientação a objetos, sua sintaxe foi baseada na linguagem C, implementações de heranças simples, além dos demais tópicos de Orientação a Objetos como: Interfaces, classes abstratas, genérico e tipagens opcionais (SAMPAIO, 2015).

O Google oficializou a linguagem Dart, com a linguagem oficial de desenvolvimento para dispositivos *mobile* em sua nova plataforma o Flutter, Dart tem uma estrutura e sintaxe parecida com C e Java, na web o Dart compila para JavaScript, para *mobile* compila de forma nativa de sua plataforma (RAHMAN, 2019), na figura 19 o modelo de código em Dart.

Figura 19 – Modelo código dart

```
import 'package:flutter/material.dart';

void main() {
  runApp(
    new Center(
      child: new Text(
        'Hello, world!',
        textDirection: TextDirection.ltr,
      ),
    ),
  );
}
```

Fonte: Cavalcanti (2018).

3 TRABALHOS CORRELATOS

Nesta sessão serão apresentados trabalhos relacionados ao conteúdo pesquisado neste projeto, utilizando os mesmos como base para o desenvolvimento do protótipo.

3.1 CULTIVO DO CHAMPIGNON EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

Artigo publicado, em fevereiro de 2014, na revista Ciência Rural, de autoria de Vinícius Reis de Figuerêdo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano e Eustáquio Souza Dias da Universidade Federal de Lavras.

No artigo os autores estudam a produtividade do fungo *Agaricus bisporus* induzindo o mesmo a diferentes temperaturas em sua frutificação e desenvolvimento.

Os testes foram realizados com cinco linhagens de fungos, as análises foram feitas a cada 48 horas, observando o crescimento em centímetros, no comparativo observou-se que na encubação o melhor desenvolvimento foi com temperaturas de 23 a 28 graus celsius, resultado que surpreendeu pois o fungo requer temperaturas abaixo de 20 graus, em seu crescimento as linhagens foram submetidas as temperaturas de 21 e 25 graus, novamente o melhor desempenho foi com temperaturas mais elevadas.

A conclusão dos testes mostrou que na encubação o melhor desempenho foi com 28 graus (FIGUERÊDO E DIAS, 2014), como mostra na figura 20.

Figura 20 – Crescimento em diferentes temperaturas na encubação

Temperatura (°C)	Crescimento micelial (mm dia ⁻¹)**
17	1,77 d
20	1.97 c
TA* (21,5)	2.23 b
23	2.38 a
28	2.43 a

Fonte: Figuerêdo e Dias (2014).

No crescimento o melhor resultado se obteve com 25 graus como demonstrado na figura 21.

Figura 21 – Crescimento em diferentes temperaturas

Linhagens	-----CM (cm)-----	
	21±1°C	25±1°C
ABI-2	0,400Cb	0,720Da
ABI-3	0,415Cb	0,710Da
ABI-5	0,445Cb	0,760Ca
ABI-6	0,490Bb	0,815Ba
ABI-7	0,950Ab	1,540Aa

Fonte: Figuerêdo e Dias (2014).

3.2 AUTOMAÇÃO DO CONTROLE E DO MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDIFICAÇÃO DE CANTEIROS DE COGUMELOS *AGARICUS BLAZEI*, NO CULTIVO FAMILIAR EM SANTA HELENA/PR

Dissertação de Mestrado, publicada em 2018, de autoria de Gustavo Carolino Girardi, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio.

O projeto desenvolvido, visou automatizar o controle de temperatura e umidade para cultivo de *Agaricus blazei*, conhecido também como cogumelo do sol, o objetivo geral era a automação do cultivo do fungo, proporcionando mais qualidade e quantidade para o cultivo no agronegócio familiar.

Para a realização da pesquisa foi utilizado *hardware* para prototipação conhecido como Arduino, o qual foi apresentado acima, além do Arduino o autor utilizou sensores de temperatura e umidade.

Para a análise foram feitos dois experimentos um manual e outro automatizado, o resultado do experimento com o sistema automatizado teve aproximadamente 5 quilogramas a mais de produção.

O trabalho se mostrou eficaz, uma vez que o objetivo era proporcionar um controle automático de baixo custo para pequenos produtores e agricultores familiares, reduzindo o custo de mão de obra e aumentando a produtividade e qualidade dos fungos (GIRARDI, 2018), na figura 22 pode-se observar o canteiro de cultivo.

Figura 22 – Cultivo do fungo



Fonte: Girardi (2018).

3.3 AUTOMAÇÃO DE ABRIGOS DE CULTIVOS PARA CULTURAS HIDROPÔNICAS

Trabalho de Conclusão de Curso, publicado em 2015, de autoria de Cristiano Santos Pereira de Abreu e Tiago Jampietro Bastos da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá, Curso de Tecnologia da Informação e Comunicação.

O projeto tem como objetivo aumentar a produção de pequenos produtores com o auxílio de um ambiente controlado em cultivos hidropônicos, entre as variáveis a serem controladas estão, temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade, os sensores se comunicam via rádio como o computador de controle.

Para a realização do trabalho os autores instalaram um Arduino junto a estufa, capturando os dados dos sensores e enviando o mesmo via rádio para o

computador central, no computador o usuário pode manusear a estufa por meio de uma interface gráfica desenvolvida em *C Sharp*.

Os testes foram realizados no Laboratório de Automação e Robótica Móvel (LARM), onde a simulação em um mini abrigo de cultivo real se mostrou eficiente cumprindo com as expectativas e a proposta do trabalho (ABREU; BASTOS, 2015), na figura 23 está o mini abrigo desenvolvido pelos acadêmicos.

Figura 23 – Mini abrigo de cultivo desenvolvido para os testes



Fonte: Abreu e Bastos (2015).

3.4 SISTEMA AUTOMATIZADO DE CONTROLE DE ESTUFAS PARA CULTIVO DE HORTALIÇAS

Artigo publicado em 2017, de autoria de Douglas Guilherme Fernandes, Evandro Preuss e Teresinha Leticia da Silva, da Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Sistemas de Informação.

O objetivo do trabalho é prototipar um ambiente automatizado para o cultivo de hortaliças, capturar dados decorrentes de sensores de temperatura, umidade do solo e luminosidade.

Para a realização do projeto utilizou-se o micro controlador Arduino se comunicando com servidor apache com uma base de dados MySQL e para o controle do usuário um aplicativo desenvolvido para Android.

Os autores se mostraram muito satisfeitos com o resultado do projeto, com o aplicativo conectado à internet, o usuário tem pleno controle da estufa remotamente, os dados capturados pelos sensores acoplados a estufa proporcionam as informações exatas da situação das hortaliças dentro da estufa (FERNANDES; PREUSS; SILVA, 2017), o modelo pode ser visto na figura 24.

Figura 24 – Protótipo desenvolvido para o projeto



Fonte: Fernandes, Preuss e Silva (2017).

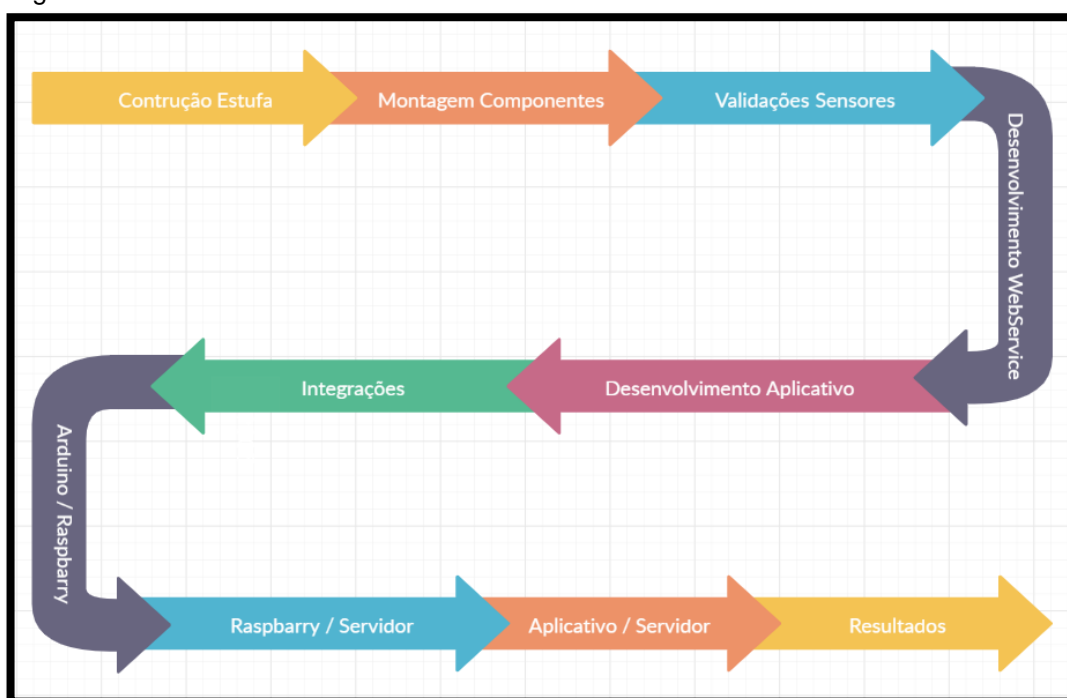
4 CONTROLE DE AMBIENTE AUTOMATIZADO PARA CULTIVO DE *AGARICUS BISPORUS*

Este projeto visa viabilizar a produção dos fungos comestíveis do tipo cogumelo *champignon*, buscando aumentar a produção adequando as condições ideais para o crescimento natural, manipulando seu ambiente independentemente da região do plantio e do seu clima natural.

Para que o projeto fosse validado, foi cultivado duas remessas de fungos, uma controlada e outra não. O cultivo na estufa natural, foi feito manutenção adequada ao plantio do mesmo, com irrigações periódicas e análise visuais do desempenho do fungo.

O desenvolvimento do projeto pode ser acompanhado na figura 25.

Figura 25 – Fluxo de desenvolvimento



Fonte: Do autor.

4.1 DESENVOLVIMENTO ESTUFA COM DOIS COMPARTIMENTOS

Para o desenvolvimento da estufa, foram utilizados compensado de pinus de 15 milímetros de espessura, as medidas foram 65 centímetros de largura, 65

centímetros profundidade e 70 centímetros de altura incluído as rodas colocadas para facilitar o manuseio da mesma.

Cada compartimento ficou com espaço utilizável de 41,5 centímetros de largura, 32,5 centímetros de profundidade e 49,5 centímetros de altura, na figura 26 e 27 pode se ver o protótipo construído.

Figura 26 – Protótipo



Fonte: Do autor.

Figura 27 – Compartimento protótipo



Fonte: Do autor.

4.2 MONTAGENS DOS HARDWARES

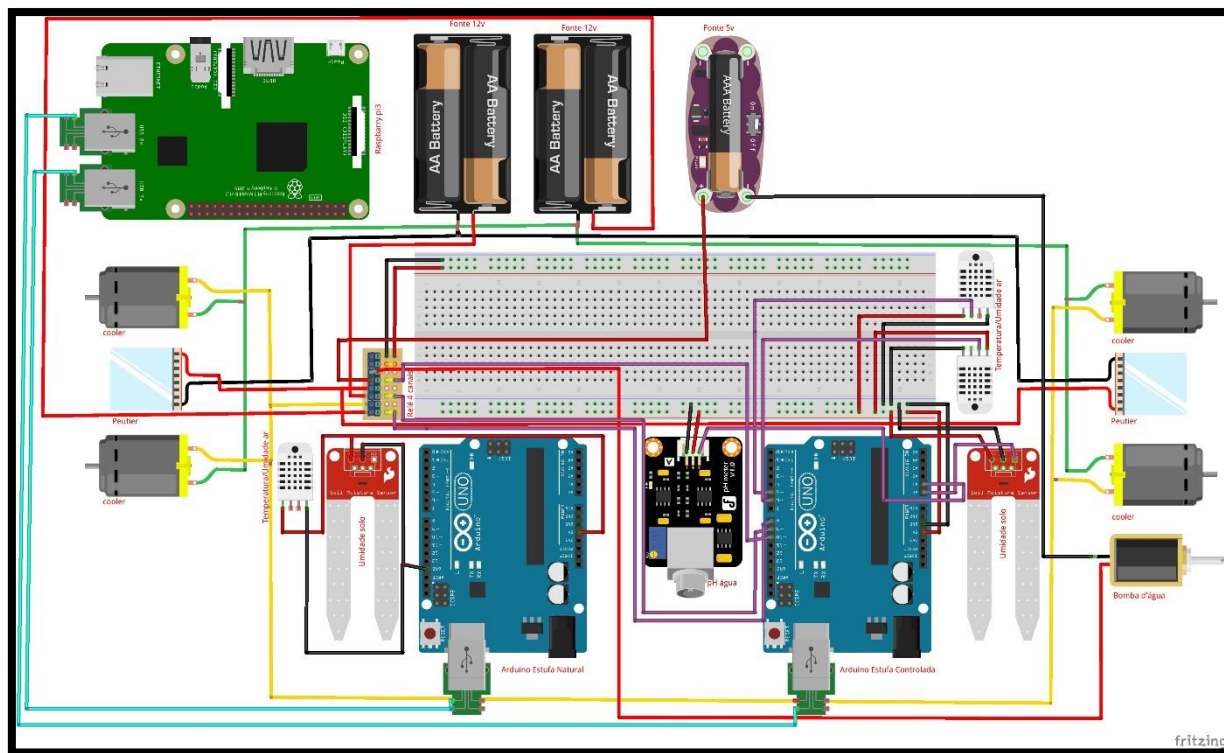
Os hardwares acoplados a estufa controlada foram; um Arduino Uno, dois sensores de umidade e temperatura do ar, um sensor de umidade do solo, um sensor de pH da água, um módulo relé de quatro canais, duas fontes de alimentação 12 volts, quatro coolers, duas pastilhas peutier, uma bomba e cabos para conexões.

Para a estufa natural foi acoplado um Arduino Uno, um sensor de umidade e temperatura do ar e um sensor de umidade do solo.

Para a comunicação entre os Arduinos e o servidor, foi adicionado um Raspbarray Pi3 que recebe as informações via serial e comunica-se com o servidor utilizando rede WirelessFidelity (WIFI) via protocolo HTTP e uma *protoboard* para

auxiliar na instalação dos cabos com uma placa que fornece uma tensão de 5 volts. O projeto eletrônico pode ser observado na figura 28.

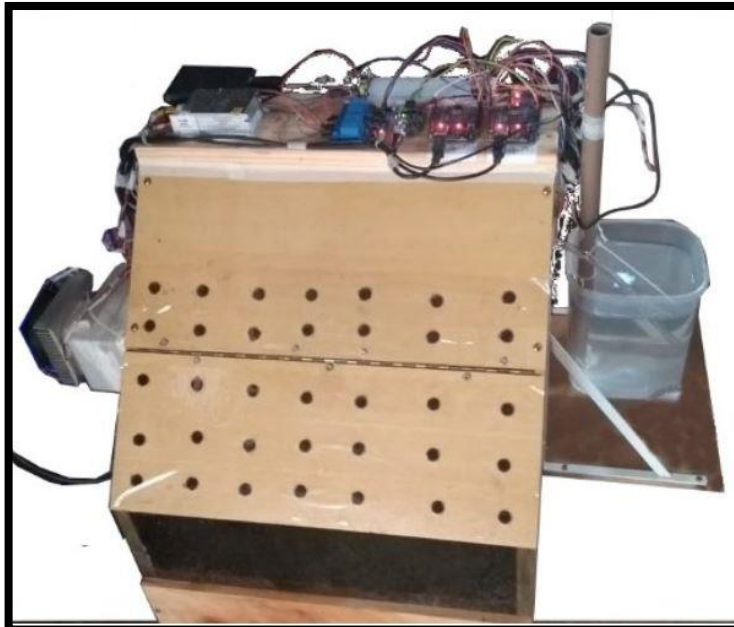
Figura 28 – Projeto eletrônico



Fonte: Do autor.

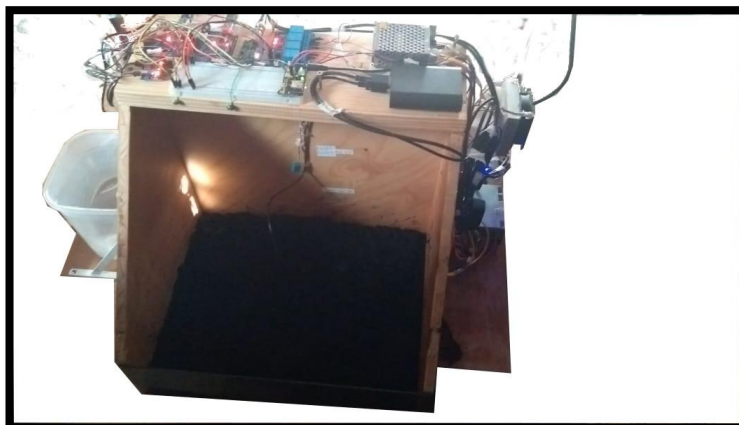
A montagem final dos equipamentos com todos os recursos como reservatório de água e isolamento, pode ser observado na figura 29 e 30, nesta etapa o cultivo já se encontra em frutificação.

Figura 29 – Montagem Final Estufa Controlada



Fonte: Do autor.

Figura 30 – Montagem Final Estufa Natural



Fonte: Do autor.

4.3 VALIDAÇÃO SENSORES

Para que os dados gerados sejam de confiança foram feitas validações e calibragem nos sensores, para os sensores de temperatura e umidade foram utilizados equipamentos de medição digital e comparação entre os três sensores do

projeto, o sensor de pH foi utilizado um medidor digital externo para a comparação e o de umidade do solo foram coletados uma remessa de dados e examinados.

Nos tópicos abaixo mostram como foram executados os testes para validação dos sensores.

4.3.1 Sensor Temperatura e Umidade

Para a análise dos sensores de temperatura foi utilizado um termômetro digital infravermelho, sua capacidade de medida varia de -50° a 380° , o modelo utilizado pode ser visto na figura 31.

Figura 31 – Termômetro Digital Infravermelho



Fonte: Hardfast (2020).

O teste foi executado analisando a leitura do sensor junto ao termômetro digital o qual pode ser observado na imagem da foto 32.

Figura 32 – Comparação leitura sensor com termômetro



Fonte: Do autor.

Considerando o teste de temperatura e confirmando suas leituras como confiáveis, para o teste de umidade do ar foi coletado dados dos três sensores, sendo dois da estufa controlada e um da estufa natural em condições exatamente iguais, ao ar livre e nas mesma condições para todos os sensores, a tabela 1, mostra a consulta realizada na base de dados de testes, as informações mostram nesta ordem o tipo de leitura, a quantidade de leitura realizada pelos sensores, a média do valor obtido nas coletas dos dados e o desvio padrão , no mesmo teste foi consultado a leitura de temperatura para o comparativo da eficácia dos sensores.

Tabela 1 – Consulta dados sensores temperatura e umidade do ar

Tipo leitura	Quantidade leitura	Média	Desvio padrão
Umidade	538	89,20	0,96
Temperatura	538	18,82	,40

Fonte: Do autor.

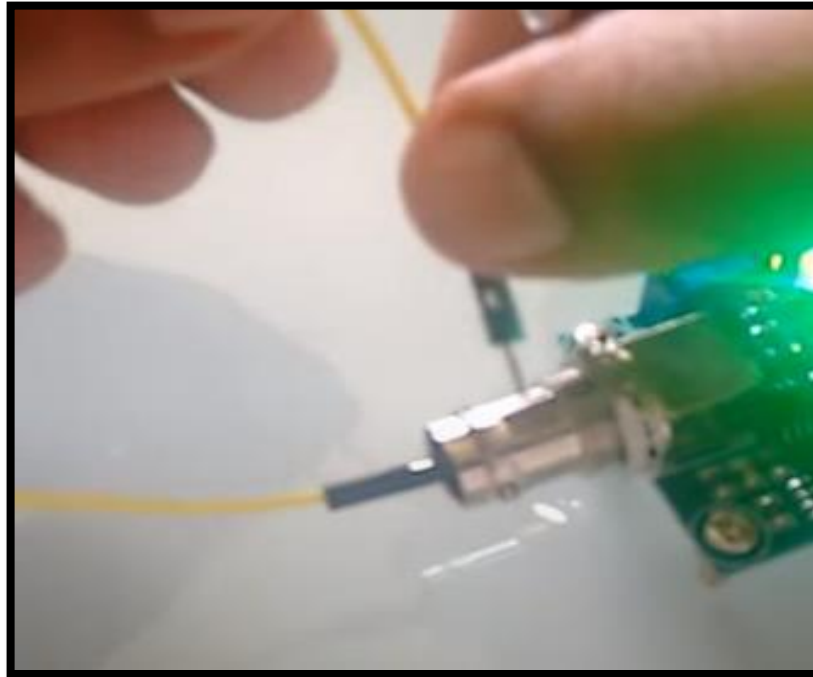
4.3.2 Sensor pH da Água

Para a calibragem do sensor de pH foi utilizado água potável e café, a água tem pH 7 que representa pH neutro e o café tem pH 5.6 aproximadamente direcionando-se para um elemento com mais acidez.

A calibragem segue alguns procedimentos, antes de colocá-lo em contato com algum elemento utilizou se dá seguinte técnica para a calibragem de acordo com Silva (2018).

O primeiro procedimento é dar um curto no sensor para conseguir a voltagem máxima na saída do pino Po da placa do sensor como mostra na figura 33.

Figura 33 – Placa Sensor pH Água



Fonte: Silva (2018).

A placa do sensor vem com dois potenciômetros, um para saída analógica e outro para a digital, no caso deste projeto utilizou-se a saída analógica do pino Po, o potenciômetro que faz a calibragem do pino pode ser observado na figura 34. Acima existe um parafuso para regular o mesmo.

Figura 34 – Potenciômetro de regulação pH água



Fonte: Casa da Robótica (2020).

Para a realização do teste do sensor foi utilizado o código de Silva (2018), no código pode-se observar a formula (1) que transforma a leitura de voltagem para pH.

$$pH = 7 + \left(\frac{2,5 - \text{voltagem}}{0,18} \right) \quad (1)$$

O 7 representa o valor central da medida de pH, os valores de pH, variam de 1 a 14 e a tensão do sensor é de 5 volts, considerando de 0 a 5, o centro da tensão é 2,5 volts, o qual representa a constante acima na fórmula, se subtrairmos 2,5 volts da tensão lida no sensor que varia de 0 a 5 volts, quando a subtração da constante resultar em 0 teremos o valor neutro, pois o 7 a frente da formula se somará a 0, quando o valor da subtração resultar em positivo, ao somarmos a constante 7,

teremos um valor tendendo ao alcalino e quando o valor da subtração resultar em negativo, somando a constante 7 teremos o valor tendendo a acidez. O valor da fórmula que está dividindo, é uma variável de ajuste de grau, que deve ser ajustada para cada sensor caso os valores no teste acima onde se faz o curto não alcancem os 2,5 volts. A figura 35 mostra o código para a realização dos testes.

Figura 35 – Código para calibragem do sensor de pH

```
int ph_pin = A0; //This is the pin number connected to Po

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("    Projeto basico");
  Serial.println("www.youtube.com/c/projetobasicos");
}

void loop() {
  int measure = analogRead(ph_pin);
  Serial.print("Measure: ");
  Serial.print(measure);

  double voltage = 5 / 1024.0 * measure; //classic digital to voltage conversion
  Serial.print("\tVoltage: ");
  Serial.print(voltage, 3);

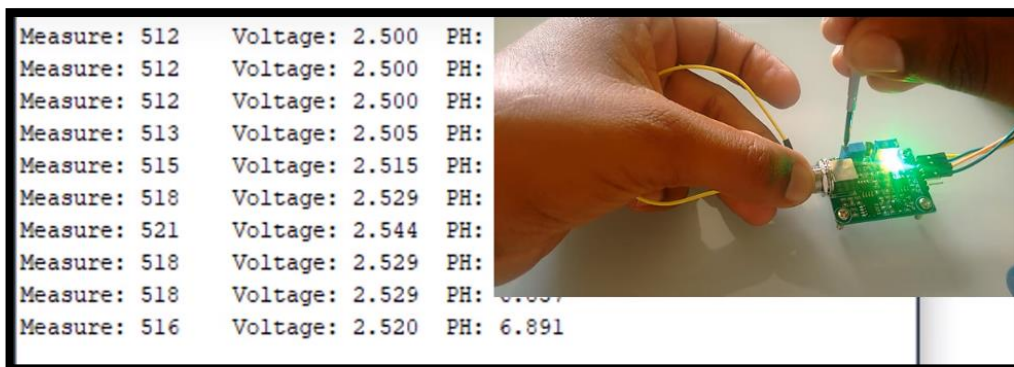
  // PH_step = (voltage@PH7 - voltage@PH4) / (PH7 - PH4)
  // PH_probe = PH7 - ((voltage@PH7 - voltage@probe) / PH_step)
  float Po = 7 + ((2.5 - voltage) / 0.18);
  Serial.print("\tPH: ");
  Serial.print(Po, 3);

  Serial.println("");
  delay(2000);
}
```

Fonte: Silva (2018).

Para a realização da calibragem foi rodado este código no monitor serial e ajustando com uma chave de fenda o potenciômetro da placa do sensor até que o mesmo mantenha-se em 2,5 volts e pH 7, a execução da calibragem pode ser observada na figura 36.

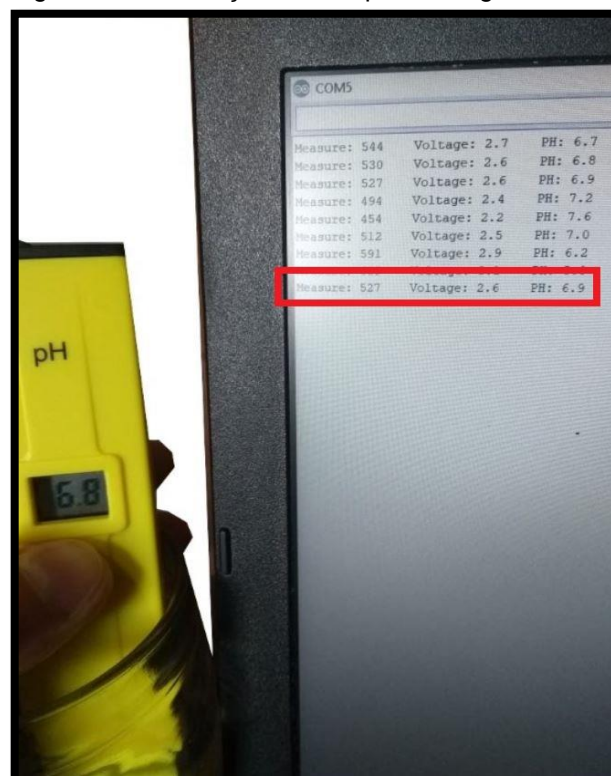
Figura 36 – Calibragem do Sensor pH Água



Fonte: Silva (2018).

Após a calibragem do sensor foram realizados os testes citados anteriormente com água e café. Para a validação foi utilizado um sensor de pH digital e comparado a leitura do sensor ligado ao Arduino no monitor serial. A figura 37 mostra o teste com água.

Figura 37 – Validação sensor pH com água



Fonte: Do autor.

Na figura 38 pode-se analisar a validação do sensor com café.

Figura 38 – Validação sensor pH com café



Fonte: Do autor.

4.3.3 Sensor Solo

Para a validação do sensor de solo foi utilizado uma coleta de dados em quatro situações diferentes, o número de registro de cada situação foi superior a dez mil, as situações foram as seguintes: leitura do sensor ao ar, leitura do sensor a água, leitura do sensor a terra seca e leitura do sensor a terra molhada.

Durante os testes foram identificadas algumas anomalias nos dados, os primeiros testes foram executados com sensores do modelo da figura 9, este modelo se mostrou muito frágil, após algumas horas o sensor acabou oxidando e se tornou ineficaz, impossibilitando o uso do mesmo.

Para a continuação do projeto foi adquirido um sensor mais robusto com hastes de inox e seus componentes que entram em contato com o solo lacrados, o modelo escolhido foi o HD-38 que pode ser observado na figura 39.

Figura 39 – Sensor Solo HD-38



Fonte: Filipeflop (2020).

Após a substituição dos sensores, iniciaram-se os testes de coleta dos dados, foram coletados mais de dez mil registros para cada leitura, totalizando um valor superior a vinte mil registros, com o sensor de solo ao ar e a terra seca.

Nesta etapa observou-se mais um problema, os sensores de umidade de solo, transferem eletricidade de uma haste para outra, e a resistência entre as hastes determina a capacidade de condução do material que fica entre as mesmas, o valor varia de 0 a 1024 ohm, quanto maior a resistência, mais seco está o material entre as hastes, quanto menor a resistência mais úmido está em seu meio.

Considerando o funcionamento do sensor e as condições que ele deveria se comportar ao ar e ao solo seco, seu valor deveria estar com resistência alta, demonstrando que o meio entre as hastes estava seco, observando a tabela 2, podemos constatar que o valor mínimo chegou a zero e a média se manteve abaixo do que deveria, pois não havia nenhum tipo de condutor nesta situação, para

comprovar a anomalia o desvio padrão ficou fora do aceitável, mostrando um valor muito alto.

Tabela 2 – Leituras Sensor de solo ao ar e terra seca fora do padrão

Leitura	Quantidade leitura	Leitura Máx.	Leitura Min.	Média	Desvio padrão
Ar	10003	1023	0	515,29	502,96
Terra	10153	1023	0	793,85	378,81

Fonte: Do autor.

Considerando os fatos apresentado acima, foi identificado que a protoboard com fonte externa onde os sensores estavam ligados, estava pulsando sua tensão devido a uma falha na placa da fonte que não estava transformando a corrente para continua, ocasionando na oscilação dos sensores de solo que estavam ligados a ela, para resolver o problema foi ligado a saída de tensão de 5 volts da própria placa do Arduino, estabilizando os sensores.

Após a correção foram feitos mais vinte mil registros sendo dez mil com sensor de solo ao ar e dez mil com sensor de solo a terra seca, os resultados podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 – Leituras Sensor de solo ao ar e terra seca

Leitura	Quantidade leitura	Leitura Máx.	Leitura Min.	Média	Desvio padrão
Ar	10065	1023	1017	1022,80	0,48
Terra	10046	1023	1017	1022,70	0,55

Fonte: Do autor.

Para testar o sensor com umidade foram seguidos os passos acima sendo coletados dez mil registros para o sensor a água e dez mil registros para o sensor ao solo molhado, os resultados podem ser observados na tabela 4, nas leituras de solo em terra úmida a variação sofreu alteração em decorrência da secagem do solo durante a coleta.

Tabela 4 – Leituras Sensor de solo a água e terra molhada

Leitura	Quantidade leitura	Leitura Máx.	Leitura Min.	Média	Desvio padrão
Água	10341	76	48	61,09	6,16
Terra	10399	194	28	81,22	24,55

Fonte: Do autor.

Os registros obtidos acima estão divididos para os dois sensores, um que fica na estufa controlada e outro na estufa natural, no total foram quarenta mil dados divididos por dois sensores em duas estufas, uma média de cinco mil registros para cada sensor na ocasião exposta, dados na tabela 5.

Tabela 5 – Total de leituras para cada sensor em cada ocasião

Leitura	Quantidade leitura	Estufa
Ar	5013	Estufa Controlada
Ar	5052	Estufa Natural
Terra seca	5006	Estufa Controlada
Terra seca	5040	Estufa Natural
Água	5151	Estufa Controlada
Água	5190	Estufa Natural
Terra molhada	5180	Estufa Controlada
Terra Molhada	5219	Estufa Natural

Fonte: Do autor.

Posteriormente a validação dos dados e ajustes dos sensores de solo, foi transformado as leituras em proporção de umidade, utilizando a fórmula (2):

$$umidade\% = 100 - \left(\frac{leitura * 100}{1024} \right) \quad (2)$$

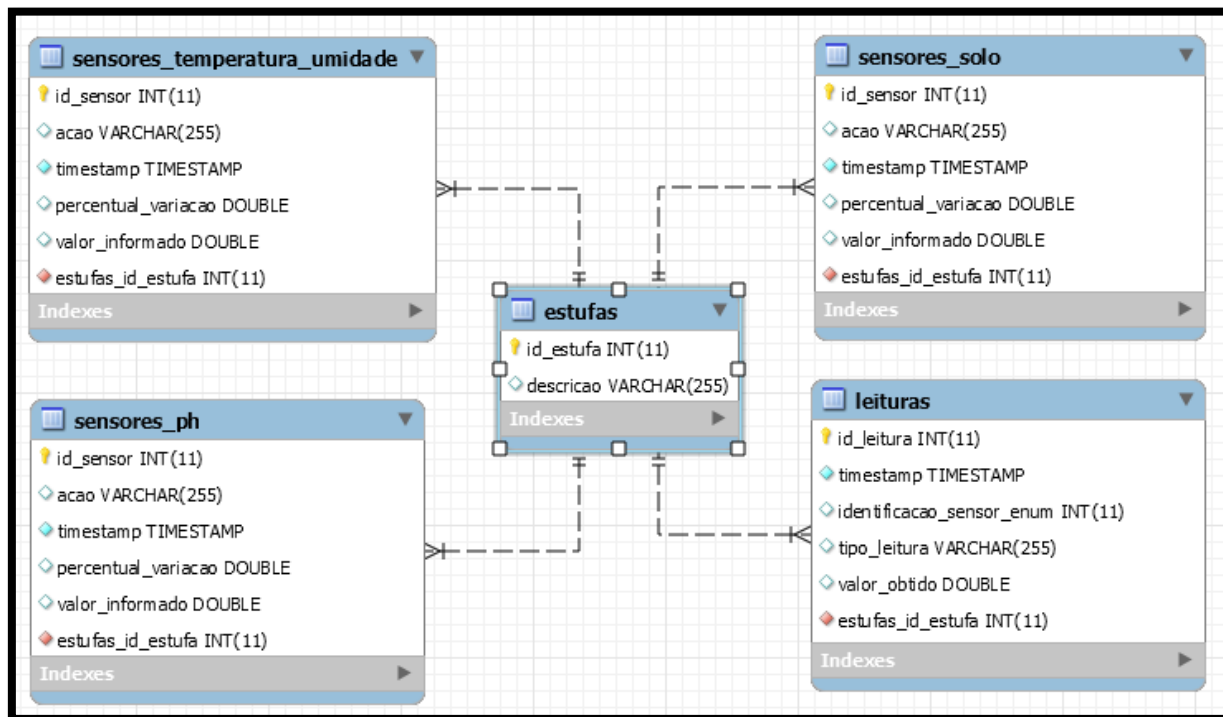
A conversão é feita em tempo de execução no Arduino e persistido na base de dados o percentual de umidade.

4.4 WEBSERVICE JAVA COM SPRING BOOT

Para o desenvolvimento do servidor projetou se o diagrama de classe que pode ser observado na figura 40, para cada tipo de sensor existe uma tabela no banco com as configurações desejadas para o mesmo, uma tabela para identificação

da estufa e uma tabela que registra todas as leituras feitas pelos hardwares anexados as estufas.

Figura 40 – Entidade relacional do projeto



Fonte: Do autor.

A arquitetura do sistema foi baseada em padrões de projeto e boas práticas de desenvolvimento seguindo a estrutura para desenvolvimento de *webservice* e micro serviços o qual tem se consolidado atualmente no mercado.

A estrutura é composta por:

- a) *Model*: as classes compostas neste pacote, são responsável por espelhar as entidades do banco de dados, formando os objetos a serem utilizados no sistema. Dentro dela existe um outro pacote chamado *Enums*, nele contém uma classe que se chama *IdentificacaoSensorEnum.java*, esta classe é fundamental para identificar o sensor e o tipo de leitura que está sendo executada, devido ao projeto existir sensores iguais e sensores que são capazes de executar mais de um tipo de leitura, como é o caso do sensor de

temperatura e umidade, ela é fundamental para o funcionamento do sistema.

- b) *Repositories*: este pacote contém as classes que executam comandos no banco de dados, ela é semelhante as classes Objeto de Acesso a Dados do inglês *Data Access Object* (DAO), no caso do *Spring Boot* os comandos principais e mais utilizados estão disponíveis encapsulada na classe *JpaRepository*, a qual é herdada em cada classe deste pacote, nela também é possível adicionar comandos personalizados.
- c) *Resources*: as classes compostas neste pacote, são aquelas que se responsabilizam por receber as requisições e responde-las, nelas são configuradas os chamados *endpoints*, que são os pontos de acesso da aplicação, dentro do mesmo pacote contém um outro chamado de *Exceptions*, o qual é responsável por tratar exceções que podem ocorrer no sistema referente a classes resources.
- d) *Services*: dentro do pacote dos serviços também contém um pacote de *Exceptions*, como explicado anteriormente, neste caso as exceções a serem tratadas são referentes as classes de serviços. As classe de serviços tem por objetivo fornecer os tratamentos dos dados de entrada e saída, toda a requisição feita no sistema, chama uma classe de serviço respectiva para cada objeto em *Models*, ele pega as informações manipula e persiste nas classes *Repositories*, ou faz a consulta no banco, ajusta as informações e apresenta a classe *Resource* para devolver a resposta ao usuário.

4.5 DESENVOLVIMENTO APLICATIVO EM FLUTTER

O aplicativo responsável pelo controle das variáveis dos sensores acoplados as estufas, foi desenvolvido com o *framework* para aplicações multiplataforma do Google, o *Flutter*.

A arquitetura abordada no desenvolvimento da aplicação, segue o conceito representado para a construção do servidor, com a adição de pacotes

atribuídos ao desenvolvimentos das telas do aplicativo, o qual anteriormente não foi abordado.

Para o aplicativo temos os pacotes *Model* e *Repository*, por se tratar de uma aplicação que lê as informações já persistidas na base de dados, pacotes como *Resources* e *Services* não foram utilizados.

Os pacotes adicionais referente às telas foram:

- a) *Screens*: pacote responsável por conter telas de configurações globais, como por exemplo a *splash screen*, tela que aparece na abertura do aplicativo, normalmente a tela que traz as informações ou logotipo da empresa e telas que controlam a navegação nos casos de aplicações com gaveta de navegação lateral, abas de navegação superiores ou inferiores a qual foi utilizada nesta aplicação.
- b) *Tabs*: neste pacote contém as telas que representam cada tab, no caso abordado temos a tab Estufa Controlada (ESTC), Estufa Natural (ESTN) e Mais.
- c) *Utils*: no pacote utils é composto pelas classes de configurações de cores, *strings*, navegação e variáveis globais utilizada em todo o sistema.

As funcionalidades compostas pelas tabs ESTC e ESTN, são para leitura das variáveis da estufa, já na tab Mais, pode-se configurar os valores para cada sensor, a alteração modifica a base de dados a qual os hardwares da estufa buscam as informações de configuração para aplicar as ações configuradas no Arduino, as telas principais da aplicação podem ser vistas na figura 41.

Figura 41 – Tabs do aplicativo



Fonte: Do autor.

4.6 INTEGRAÇÕES

A integração entre os sistemas desenvolvidos se deu em etapas e por diferentes meios, foram utilizados comunicação serial e Json. Nos capítulos a seguir podem-se entender quais as técnicas utilizadas para a interação completa entre os Arduinos, Raspberry, Servidor e Aplicativo.

4.6.1 Integração Arduino com *Raspberry*

O Arduino recebe toda a informação dos sensores, armazena em variáveis e transfere as informações para o *Raspberry* por comunicação serial, o Arduino é programado em C++, já no *Raspberry* o desenvolvimento foi utilizado da linguagem Python, a transferência é feita em bits e transformada em *strings* ou *int*, dependendo do dado a trafegar.

Para que a comunicação entre os hardwares possa distinguir o que está sendo transferido, utilizou-se a seguinte lógica, para identificar a estufa foram adotadas as siglas representadas na tabela 6.

Tabela 6 – Siglas e significados

Sigla	Significado
E1	Estufa Controlada
E2	Estufa Natural
S1T	Sensor 1 Temperatura
S2T	Sensor 2 Temperatura
S1U	Sensor 1 Umidade
S2U	Sensor 2 Umidade
S1S	Sensor 1 Solo
SpH	Sensor pH Água
ARF	Arrefecimento
IRR	Irrigação
E1S1T	Estufa Controlada Sensor 1 Temperatura
E1S1U	Estufa Controlada Sensor 1 Umidade
E1S2T	Estufa Controlada Sensor 2 Temperatura
E1S2U	Estufa Controlada Sensor 2 Umidade
E1S1S	Estufa Controlada Sensor 1 Solo
E1SpH	Estufa Controlada Sensor pH Água
E1ARF	Estufa Controlada Arrefecimento
E1IRR	Estufa Controlada Irrigação
E2S1T	Estufa Natural Sensor 1 Temperatura
E2S1U	Estufa Natural Sensor 1 Umidade
E2S1S	Estufa Natural Sensor 1 Solo
UARI	Umidade Ar Irrigação
USLI	Umidade Solo Irrigação

Fonte: Do autor.

O Arduino segue uma execução procedural, quando ele encontra um sensor ele informa ao *Raspberry*, a estufa seguido do sensor e o valor lido, o trecho de código representado na figura 42 mostra como é executada a comunicação.

Figura 42 – Código utilizado transferência por comunicação serial do Arduino para *Raspberry*



```

}

void loop() {
  /*=====
  Estufa 1 - Estufa Controlada
  =====*/
  my_dht_1.readll(dht_pin_5);
  my_dht_2.readll(dht_pin_6);

  /*Sensor 1 Temperatura*/
  temperatura_5 = my_dht_1.temperature;
  Serial.println("E1S1T");
  delay(delay1);
  Serial.println(temperatura_5);
  delay(delay2);

  /*Sensor 1 Umidade*/
  umidade_5 = my_dht_1.humidity;
  Serial.println("E1S1U");
  delay(delay1);
  Serial.println(umidade_5);
  delay(delay2);
}
```

Fonte: Do autor.

O sistema faz a leitura do sensor, informa para o Raspberry o tipo de leitura que vai ser enviada e posteriormente informa o valor que será persistido na base de dados no servidor.

As siglas E1IRR, E1ARR, UARI e USLI, são informações para leitura dos sensores das preferências do usuário as configurações da estufa controlada, estas informações realizam GET no servidor por intermédio do Raspberry e executam ações de ligar ou desligar o arrefecimento e irrigação.

4.6.2 Integração *Raspberry* com Servidor

A comunicação entre o Raspberry e o servidor é feita via http no formato JSON, no momento em que o Arduino envia a informação para o Raspberry, dois programas desenvolvidos em python ficam rodando em loop verificando a sigla enviada pelo Arduino e em seguida o valor informado do sensor, ao receber e identificar a leitura, o sistema envia um POST ao servidor e persiste as informações

no banco de dados, quando a informação é requerida pelo Arduino para a configuração dos sensores, o programa executa um GET no servidor e devolve a informação ao Arduino, as ações são executadas automaticamente com base nas preferências do usuário.

4.6.1 Integração Aplicativo com Servidor

A comunicação entre o aplicativo e o servidor segue o mesmo padrão da comunicação entre o Raspberry e o servidor, com requisições via http em formato JSON, nas tabs ESTC e ESTN são realizados apenas GETs, na tab Mais, o sistema envia POST para atualizar as informações de configuração dos sensores de acordo com a preferência dos usuários.

5 RESULTADOS

De acordo com a pesquisa realizada, as condições ideais de temperatura são de 17 a 19°C na frutificação e de 20 a 25°C no desenvolvimento do fungo (DIAS et al., 2004 apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014).

Nos sete primeiros dias as temperaturas se mantiveram na média de 18°C na estufa controlada e de 20°C na estufa natural, o pH se manteve dentro da faixa estabelecida como neutro, a umidade do ar com uma variação de 1% entre as estufas e umidade do solo com uma diferença de 10%, considerando que a estufa natural era feita uma irrigação por dia e na estufa controlada se manteve dentro do programado que era 85%, a tabela 7 mostra a variação da temperatura, umidade do ar, umidade do solo e pH da água neste período.

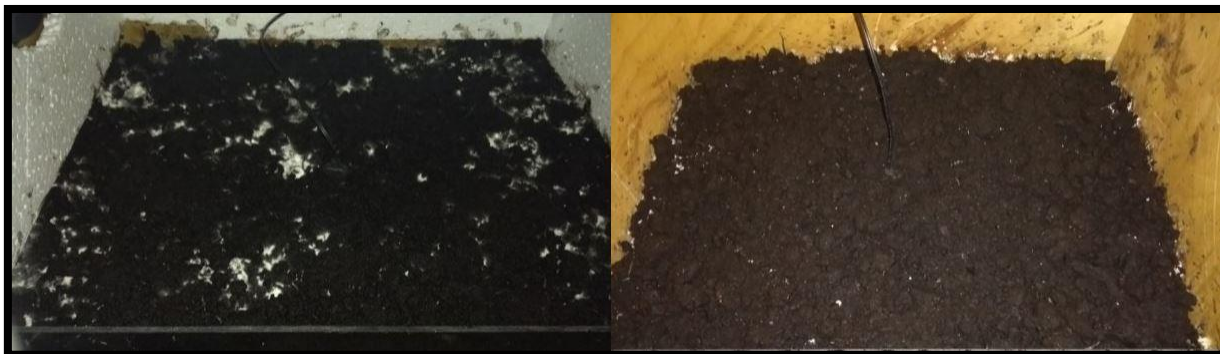
Tabela 7 – Base de dados valores dos primeiros sete dias de frutificação

Leitura	Quantidade leitura	Média	Estufa
pH Água	2795	6,73	Estufa Controlada
Temperatura S1	5615	18,77	Estufa Controlada
Temperatura S1	3548	20,32	Estufa Natural
Umidade Ar S1	5606	92,66	Estufa Controlada
Umidade Ar S1	3552	85,56	Estufa Natural
Umidade Solo	2803	86,21	Estufa Controlada
Umidade Solo	3550	74,09	Estufa Natural

Fonte: Do autor.

Após a frutificação, a temperatura ambiente caiu abaixo das condições ideais, prejudicando o experimento, o qual considerava o arrefecimento como principal proposta para o cultivo em regiões não propícias, uma vez que o cultivo do fungo se concentra no sul do Brasil, o projeto tinha como objetivo proporcionar o desenvolvimento do fungo em regiões com temperaturas elevada aos 25°C, o crescimento do fungo na estufa controlada foi superior ao da estufa natural nos primeiros dez dias, antes da queda da temperatura, a figura 43, mostra a comparação entre as estufas, pode-se observar uma diferença satisfatória.

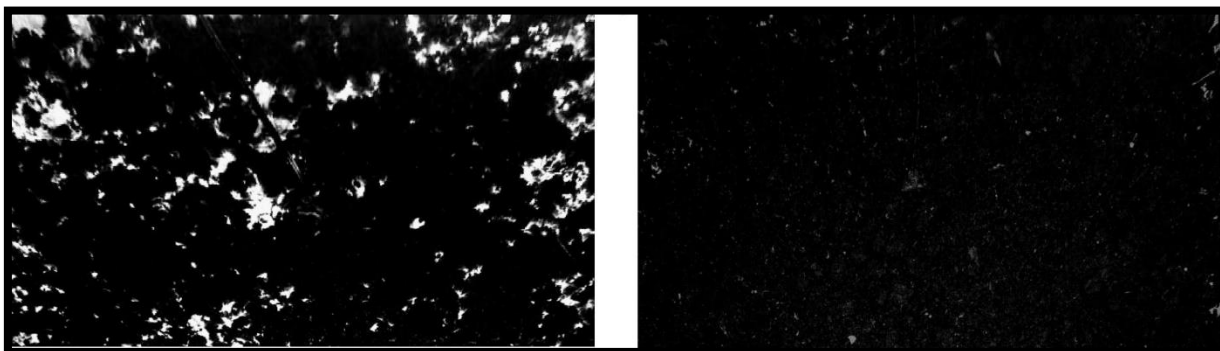
Figura 43 – Comparação entre as estufas, à esquerda estufa controlada e à direita natural



Fonte: Do autor.

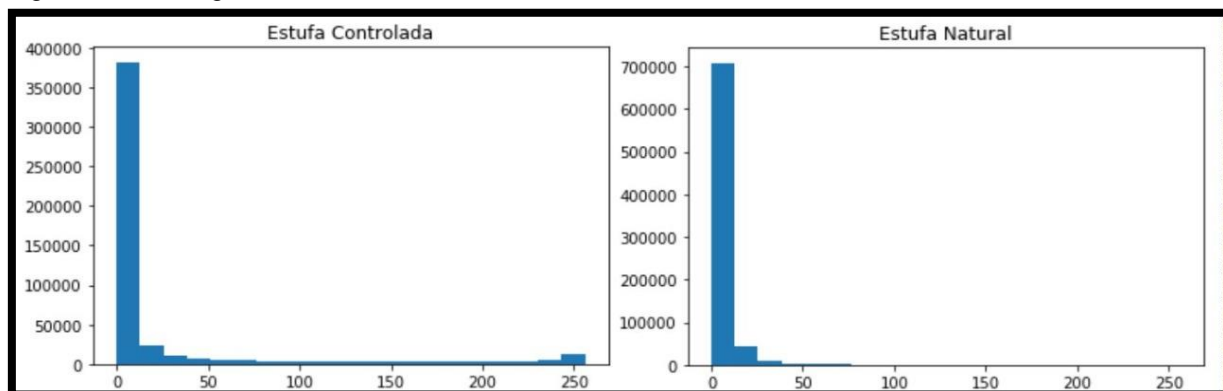
Para confirmação visual usou-se um gráfico histograma, que percorre a imagem e conta os pixels de cores, para entendimento do gráfico, quanto mais próximo do zero menor a área de proliferação, quanto mais próximo do 255 maior é essa área, para gerar o gráfico foi recortado a imagem 43 removendo as laterais em excessos e aplicado um filtro para remoção da luz figura 44, o gráfico pode ser observado na figura 45.

Figura 44 – Manipulação das imagens para aplicação do histograma



Fonte: Do autor.

Figura 45 – Histograma



Fonte: Do autor.

A estufa controlada mostrou no histograma pouco mais de 350 mil pixels pretos e pouco menos de 50 mil pixels brancos, que são os traços do fungo conforme observado na figura 51, no caso da estufa natural os pixels de pontos pretos atingiram mais de 700 mil, já os pixels brancos não se consegue analisar visualmente, confirmando uma baixa frutificação.

O sistema de irrigação automático funcionou como esperado, mantendo a umidade do solo dentro do patamar estabelecido de 85 %, livrando a estufa de qualquer manutenção manual, sendo monitorado remotamente pelo aplicativo desenvolvido para controlar o cultivo.

O resultado final do experimento após 22 dias de cultivo incluindo os 7 dias de frutificação mais 15 dias para o desenvolvimento do fungo, decorreu que o número de cogumelos colhidos na estufa controlada foi superior ao da estufa natural em apenas 2 unidades, porém a variação de peso se mostrou excedente, os resultados podem ser analisados na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados

Colheita	Peso	Quantidade	Média de Kg/Un
Estufa Natural			
1	410g	18un	22,7g/un
2	427g	16un	26,7g/un
3	423g	19un	22,6g/un
4	111g	09un	12,3g/un
Total	1371g	62un	22,1g/un
Estufa Controlada			
1	421g	09un	46,8g/un
2	410g	15un	27,3g/un
3	420g	21un	20,0g/un
4	530g	19un	27,9g/un
Total	1781g	64un	27,8g/un

Fonte: Do autor.

O comparativo do desenvolvimento do fungo pode ser observado na figura 46, e os resultados da colheita observa-se na figura 47.

Figura 46 – A esquerda estufa natural a direita estufa controlada



Fonte: Do autor.

Figura 47 – Resultado colheita



Fonte: Do autor.

A média das leituras dos sensores nos 15 dias de cultivo após os 7 dias de frutificação variou 2 pontos percentuais, proporcionando a estufa controlada benefícios somente de automatização da irrigação, no início do projeto a estufa se mostrou mais eficaz se mantendo dentro da temperatura planejada, após 10 dias houve uma queda na temperatura ambiente, prejudicando o experimento, o projeto

não abordou o aquecimento da estufa pois seu objetivo era proporcionar que regiões com clima mais quentes pudessem cultivar o fungo, na tabela 9 pode se ver a variação dos sensores no período de cultivo.

Tabela 9 – Base de dados do período de desenvolvimento

Leitura	Quantidade leitura	Média	Estufa
pH Água	5401	6,64	Estufa Controlada
Temperatura S1	7565	13,54	Estufa Natural
Temperatura S2	10828	13,69	Estufa Controlada
Umidade Ar S1	7566	88,31	Estufa Natural
Umidade Ar S2	10828	90,31	Estufa Controlada
Umidade Solo	5412	86,29	Estufa Controlada
Umidade Solo	7572	84,63	Estufa Natural

Fonte: Do autor.

A execução do projeto e seus resultados tendo como base os trabalhos correlatos, mostrou-se eficaz e com similaridade entre os trabalhos, considerando as diferenças entre os cultivos de hidroponia e hortaliças, sua comparação está na automatização da estufa e controle remoto por aplicativo, um dos trabalhos que se aproxima do desenvolvido neste projeto, cultiva um fungo diferente, com aspectos parecidos.

Em relação ao trabalho Automação do controle e do monitoramento de temperatura e umidificação de canteiros de cogumelos *agaricus blazei*, no cultivo familiar em Santa Helena no Paraná, os resultados foram inferiores, no experimento o autor obteve um resultado de 5 quilogramas de diferença do cultivo monitorado para o natural.

O trabalho de mestrado Cultivo do Champignon em função da temperatura utilizou-se como base para o experimento. Porém como mencionado acima, a queda da temperatura ambiente, impossibilitou de aplicar os valores que obtiveram melhores resultados apresentados pelos autores.

O que se pode observar, é que nos dados apurados na fundamentação teórica e nos experimentos aplicados mais recentemente, o fungo tem se mostrado mais resistente a temperaturas que chegam até 28°C, proporcionando um cultivo que varia de 10°C a 28°C, abrindo espaço no futuro para mais experimentos com o cultivo.

6 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho, somou significativamente para o aprendizado do autor, no decorrer do desenvolvimento, surgiram vários desafios que foram superados com base em muita pesquisa, a abrangência de várias áreas de estudos, como back-end, banco de dados, circuitos digitais, componentes de hardwares, automação, IoT e aprofundamento no cultivo proposto, possibilitou ao autor evoluir significativamente como pesquisador e desenvolvedor.

Com o experimento, foram identificadas algumas falhas que devem ser corrigidas posteriormente, como considerar um sistema de arrefecimento mais robusto, um controle energético e uma forma de energia alternativa e principalmente considerar o controle das duas pontas, arrefecimento e aquecimento, o que foi o ponto principal para obter um melhor resultado neste projeto.

Entre as dificuldades encontradas, a principal foi com relação ao sensor de solo, que no primeiro modelo adquirido, sofreu corrosão em contato com a terra ainda nas fases de testes e calibragem, um outro fator que dificultou o trabalho está relacionado aos atrasos nas entregas dos equipamentos e do cultivo mediante a situação vivida no momento do desenvolvimento do projeto, que ocorreu com a disseminação da pandemia da Covid-19, que sem dúvida é um vírus que trouxe grandes dificuldades e superação para a humanidade.

Para trabalhos futuros, pode-se pensar em identificar amostras com temperaturas variáveis na frutificação e no desenvolvimento e com a coleta de dados treinar uma inteligência artificial para controlar o plantio totalmente independente, observando que o fungo apesar de sensível a algumas condições, se mostrou promissor para cultivo em estufas, pois seu período de colheita contando com a frutificação varia de 20 a 25 dias, proporcionando um ótimos negócio e com um mercado promissor, porém como comentado anteriormente o controle de energia e água é um ponto a ser melhorado, pois o cultivo exige muito destes recursos.

REFERÊNCIAS

ABREU, Cristiano Santos Pereira de; BASTOS, Tiago Jampietro. **AUTOMAÇÃO DE ABRIGOS DE CULTIVOS PARA CULTURAS HIDROPÔNICAS**. 2015. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologias da Informação e Comunicação., Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/135191>. Acesso em: 22 jun. 2019.

AGRELA, Lucas. **5 bilhões de pessoas têm smartphones**: Número de pessoas com celulares é maior na Europa, mas China e Índia são os países com a maior quantidade de aparelhos móveis conectados. 2017. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/tecnologia/5-bilhoes-de-pessoas-tem-smartphones/>. Acesso em: 15 jun. 2019.

ALENCAR, Jayr. **O que é o Flutter?** 2019. Disponível em: <http://clubedosgeeks.com.br/programacao/o-que-e-o-flutter>. Acesso em: 16 jun. 2019.

ALMEIDA, Lucas. **Sensores de umidade: como funcionam e por que utilizá-los?** 2017. Disponível em: <https://nexxto.com/sensores-de-umidade-como-funcionam-e-por-que-utiliza-los/>. Acesso em: 26 maio 2019.

ARDUINO E CIA. **Qual a diferença entre o Raspberry Pi modelo B e B+ ?** 2014. Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/2014/10/comparativo-raspberry-pi-b-plus.html>. Acesso em: 08 jun. 2019.

ARDUINO. **ARDUINO UNO WIFI REV2**. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-wifi-rev2>. Acesso em: 08 jun. 2019.

_____. **Sobre nós**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>. Acesso em: 08 jun. 2019.

AUGUSTO, Cassio. **Web Services – O que é, como funciona e os protocolos SOAP e REST**. 2019. Disponível em: <http://ninjadolinux.com.br/web-services-soap-e-rest/>. Acesso em: 09 jun. 2019.

AUGUSTO, Daniel. **Prototipagem rápida com Nanoshields**. 2018. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/prototipagem-rapida-com-nanoshields/>. Acesso em: 08 jun. 2019.

BARBOSA, Suria. **Criar um protótipo pode ser a chave para garantir o sucesso do seu negócio**. 2018. Disponível em: <https://www.napratica.org.br/prototipagem-garante-sucesso-do-negocio/>. Acesso em: 08 jun. 2019.

BRITO, Edivaldo. **Java: Entenda para que serve o software e os problemas da sua ausência**. 2014. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/dicas-e->

tutoriais/noticia/2014/11/java-entenda-para-que-serve-o-software-e-os-problemas-da-sua-ausencia.html. Acesso em: 10 jun. 2019.

CAMPOS, Thiago. **O Cultivo Protegido é Fundamental para Produzir em Qualquer Situação Climática**, Durante o Ano Inteiro. 2016. Disponível em: <http://thiagoorganico.com/cultivo-protegido-estufa/>. Acesso em: 19 maio. 2019.

CAPPELLI, Elizeu. **Desenvolvimento Híbrido com Flutter: Prós e Contras**. 2018. Disponível em: <https://medium.com/@devmob/desenvolvimento-h%C3%ADbrido-com-flutter-pr%C3%B3s-e-contras-6f3f422c480c>. Acesso em: 16 jun. 2019.

CARDOSO, Mayara. **Escala de pH**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/escala-de-ph/>. Acesso em: 08 jun. 2019.

CASA DA ROBOTICA. **Módulo Sensor + Ph Eletrodo Sonda Bnc | Sensor de Ph da Água**. Disponível em: <https://www.casadarobotica.com/sensores-modulos/sensores/outros/modulo-sensor-ph-eletrodo-sonda-bnc-sensor-de-ph-da-agua>. Acesso em: 22 jun. 2020.

CAVALCANTI, Eric. **Flutter—uma breve introdução**. 2018. Disponível em: <https://medium.com/@ecavalcanti/flutter-uma-breve-introdu%C3%A7%C3%A3o-d9071fcb8474>. Acesso em: 16 jun. 2019.

CHANG, Shu-ting; MILES, Philip G.. **MUSHROOMS: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact**. 2. ed. New York: Crc Press, 2004. 477 p.

CIRIACO, Douglas. **Android cresce, iOS diminui e Windows Phone quase some, aponta relatório**. 2017. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/dispositivos-moveis/119411-android-ios-windows-phone-mercado.htm>. Acesso em: 15 jun. 2019.

COMPOBRAS (Org.). **Processo Produtivo**: Informações técnicas. 2014. Disponível em: <https://www.compobras.com.br/processo>. Acesso em: 15 jun. 2019.

DEMARTINI, Felipe. **Mercado de apps deve movimentar US\$ 6,3 trilhões até 2021**. 2019. Disponível em: <https://canaltech.com.br/apps/mercado-de-apps-deve-movimentar-us-63-trilhoes-ate-2021-133229/>. Acesso em: 15 jun. 2019.

DHAMODHARAN, G.; MIRUNALINI, S.. A Novel Medicinal Characterization of Agaricus Bisporus (White Button Mushroom). **Pharmacologyonline**, Tamil Nadu, v. 2, p.456-463, 2010. Disponível em: <https://pharmacologyonline.silae.it/files/newsletter/2010/vol2/55.Mirunalini.pdf>. Acesso em: 18 maio 2019.

DIAS, Diogo Lopes. **O que é pH?** Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-ph.htm>. Acesso em: 08 jun. 2019.

DINO. **Mercado de aplicativos entra em nova fase no Brasil, aponta Applift.** 2019. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/dino/mercado-de-aplicativos-entra-em-nova-fase-no-brasil-aponta-applift/>. Acesso em: 15 jun. 2019.

FARIA, Gabriel. **Dia de campo apresenta tecnologia inédita de pulverização eletrostática.** 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/11335023/dia-de-campo-apresenta-tecnologia-inedita-de-pulverizacao-eletrostatica>. Acesso em: 07 jun. 2019.

FARMER, Mad. **Estudamos os métodos de cultivo de champignons.** Disponível em: <https://pt.madlovefarms.com/3261-we-study-methods-of-growing-champignons>. Acesso em: 15 jun. 2019.

FERNANDES, Douglas Guilherme; PREUSS, Evandro; SILVA, Teresinha Leticia da. **Sistema Automatizado de Controle de Estufas para Cultivo de Hortaliças.** 2017. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Sistemas de Informação, Departamento de Tecnologia da Informação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12958/TCCG_SIFW_2017_FERNANDES_DOUGLAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 jun. 2019.

FIGUEIRÊDO, Vinícius Reis de; DIAS, Eustáquio Souza. Cultivo do champignon em função da temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p.241-246, fev. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n2/a3314cr2013-0221.pdf>. Acesso em: 18 maio 2019.

FILIFELOP. **Sensor de Umidade e Temperatura DHT11.** Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>. Acesso em: 26 maio 2019.

_____. **Sensor de Umidade do Solo HD-38.** Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-do-solo-hd-38/>. Acesso em: 252 jun. 2020.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Conceito de pH e pOH.** Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/conceito-ph-poh.htm>. Acesso em: 08 jun. 2019.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **A População Mundial.** 2013. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/populacao-mundial.htm>. Acesso em: 15 jun. 2019.

FRIZZONE, José Antônio. **OS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO.** 2017. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrônômica, Departamento de Engenharia de Biosistemas, Esalq/usp, Piracicaba – Sp, 2017. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/TEXTOS_COMPLEMENTAR_1_-_METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf. Acesso em: 07 jun. 2019.

GAMA, Alexandre. **O que é JSON**. 2011. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/o-que-e-json/23166>. Acesso em: 10 jun. 2019.

GIRARDI, Gustavo Carolino. **AUTOMAÇÃO DO CONTROLE E DO MONITORAMENTO DE TEMPERATURA E UMIDIFICAÇÃO DE CANTEIROS DE COGUMELOS AGARICUS BLAZEI, NO CULTIVO FAMILIAR EM SANTA HELENA/PR**. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Tecnologias Computacionais Para O Agronegócio, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3238/2/automacaocontrolemonitoramentotemperatura.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2019.

GOMES, Marlene. **Agronegócio: Consumo e produção de cogumelos crescem no Brasil**: Mercado mundial deve crescer 9% até 2021 e Brasil ganhará relevância. 2018. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/01/29/internas_economia,656318/consumo-e-producao-de-cogumelos-no-brasil.shtml. Acesso em: 18 out. 2019.

GROOVER, Mikell P.. **Automation**. 2019. Disponível em: <https://www.britannica.com/technology/automation>. Acesso em: 20 maio 2019.

JAVAN, A Jebelli et al. Effect of citric acid dipping treatment on bioactive components and antioxidant properties of sliced button mushroom (*Agaricus bisporus*). **Journal Of Food Quality And Hazards Control**, Irã, v. 2, n. 1, p.20-25, 15 fev. 2015. Disponível em: http://jfqhc.ssu.ac.ir/files/site1/user_files_f703af/admin-A-10-1-53-d7903e1.pdf. Acesso em: 18 maio 2019.

HARDFAST. **Sensor De Temperatura Com Mira A Laser**. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-683754735-sensor-de-temperatura-com-mira-a-laser-o-melhor-da-net-_JM. Acesso em: 21 jun. 2020.

JOÃO MATHIAS. **Como plantar cogumelo**: Ingrediente que valoriza o prato, hoje é mais comum nas refeições dos brasileiros. 2015. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-plantar/noticia/2015/04/como-plantar-cogumelo.html>. Acesso em: 15 jun. 2019.

KLOPPER, Priscila. **Flutter é um novo framework do Google para facilitar o desenvolvimento de apps tanto para iOS quanto para Android**. 2018. Disponível em: <https://macmagazine.uol.com.br/2018/02/28/flutter-e-um-novo-framework-do-google-para-facilitar-o-desenvolvimento-de-apps-tanto-para-ios-quanto-para-android/>. Acesso em: 16 jun. 2019.

LENINE NETO,. **A importância da prototipagem**. 2016. Disponível em: <https://imasters.com.br/devsecops/importancia-da-prototipagem>. Acesso em: 08 jun. 2019.

LONAX-ADMIN (Ed.). **O que são estufas agrícolas e quais seus benefícios?** 2018. Disponível em: <https://www.lonax.com.br/o-que-sao-estufas-agricolas-e-quais-seus-beneficios/>. Acesso em: 19 maio 2019.

LUG, André. **O QUE É HTTP, COMO FUNCIONA E QUAL A SUA DIFERENÇA PARA HTTP 2.** 2018. Disponível em: <https://www.igluonline.com/o-que-e-http-como-funciona-e-qual-a-sua-diferenca-para-http-2/>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MATHIAS, João (Ed.). **Como plantar cogumelo.** 2015. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-plantar/noticia/2015/04/como-plantar-cogumelo.html>. Acesso em: 18 maio. 2019.

MICROMYPE SOLUTIONS (Brasil). **O que é IOT e quais suas vantagens.** Disponível em: <https://micromype.com.br/tecnologia/o-que-e-iot-e-quais-suas-vantagens/>. Acesso em: 26 maio 2019.

MIDDLETON, Peter; TULLY, Jim; KJELDSEN, Peter. **Previsão: A Internet das Coisas, em todo o mundo,** 2013. Disponível em: <https://www.gartner.com/en/documents/2625419>. Acesso em: 19 maio 2019.

MOTA, Arley Oliveira da et al. O uso de plataforma de prototipagem eletrônica Open Source na automação: o caso do acesso aos laboratórios de Informática do IFNMG Campus Januária. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.** Januária, p. 1-9. 31 out. 2016. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/32624378.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2019.

MURTA, Gustavo. **Guia do Sensor de umidade do solo e Sensor de chuva.** Disponível em: <http://blog.eletrogate.com/guia-do-sensor-de-umidade-do-solo-e-sensor-de-chuva/>. Acesso em: 27 maio 2019.

OWAID, Mustafa Nadhim; BARISH, Anson; SHARIATI, Mohammad Ali. Cultivation of *Agaricus bisporus* (button mushroom) and its usages in the biosynthesis of nanoparticles. **Open Agriculture**, Berlim, v. 2, n. 1, p.537-543, 26 out. 2017. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/opag-2017-0056>. Disponível em: <https://www.degruyter.com/view/j/opag.2017.2.issue-1/opag-2017-0056/opag-2017-0056.xml>. Acesso em: 13 maio 2019.

PAIVA, Fernando. **Apps geram US\$ 101 bilhões em receita em 2018.** 2019. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/noticias/16/01/2019/apps-geram-us-101-bi-em-receita-em-2018/>. Acesso em: 15 jun. 2019.

RAHMAN, Sameeha. **Uma introdução simplificada para Dart and Flutter.** 2019. Disponível em: <https://www.freecodecamp.org/news/https-medium-com-rahman-sameeha-whats-flutter-an-intro-to-dart-6fc42ba7c4a3/>. Acesso em: 16 jun. 2019.

REDAÇÃO OFICINA (Org.). **Por que usar MySQL?** 2007. Disponível em: https://www.oficinadanet.com.br/artigo/484/por_que_usar_mysql. Acesso em: 15 jun. 2019.

REVISTA MAIS SAÚDE (Brasil) (Ed.). **Posso substituir a carne por cogumelos?** 2017. Disponível em: <https://www.maissauderevista.com.br/alimentacao/posso-substituir-a-carne-por-cogumelos/>. Acesso em: 18 maio 2019.

SÁ, Nelson S. A. de. **Irrigação e Pulverização: Características da Irrigação por Gotejamento.** 2011. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=20643&secao=Irriga%E7%E3o%20e%20Pulveriza%E7%E3o>. Acesso em: 27 maio 2019.
SAMPAIO, Julio. **Primeiros passos com a Google Dart.** 2015. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/primeiros-passos-com-a-google-dart/32954>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SAP BRASIL (Brasil) (Org.). **O que é IoT – a Internet das Coisas?** 2016. Disponível em: <https://news.sap.com/brazil/2016/05/o-que-e-iot-a-internet-das-coisas/>. Acesso em: 19 maio 2019.

SILVA, Rodrigo. **Calibração de sensor de PH com Arduíno.** 2018. Disponível em: <http://rpsilva100.blogspot.com/2018/01/calibracao-de-sensor-de-ph-com-arduino.html>. Acesso em: 252 jun. 2020.

SILVA, Priscila da. **Champignon.** Disponível em: <https://www.infoescola.com/reino-fungi/champignon/>. Acesso em: 13 maio. 2019.

SILVA, Mateus. **Quais são os principais frameworks para desenvolver aplicações móveis híbridas?** 2018. Disponível em: <https://medium.com/@mattlack/quais-s%C3%A3o-os-principais-frameworks-para-desenvolver-aplica%C3%A7%C3%B5es-m%C3%B3veis-h%C3%ADbridas-2093b64d679e>. Acesso em: 15 jun. 2019.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **Como Funciona o Controle de Temperatura?** 2017. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/controle-de-temperatura/>. Acesso em: 26 maio 2019.

_____, Cristiano Bertulucci. **Phmetro: Instrumento de Medição de Acidez.** Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/phmetro/>. Acesso em: 08 jun. 2019.

SNIDE, Todd. **The “Internet of Things” and Automation.** 2013. Disponível em: <https://blog.se.com/machine-and-process-management/2013/06/18/the-internet-of-things-and-automation/>. Acesso em: 20 maio 2019.

SOLANKI, Naman. **What is the difference between IOT and home automation?** 2018. Disponível em: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-IOT-and-home-automation>. Acesso em: 20 maio 2019.

TEIXEIRA, Silvana. **Champignon - como preparar o composto natural**. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-agroindustria-cogumelos-comestiveis/artigos/champignon-como-preparar-o-composto-natural>. Acesso em: 18 maio 2019.

TESTEZLAF, Roberto. **IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO**: Campinas, 2014. 12 slides, color. Disponível em: https://www.ggte.unicamp.br/ocw/sites/ocw/files/cursos/CienciasExatas/FA876/apostilas/Aspersao_caracteristicas.pdf. Acesso em: 07 jun. 2019.

TRINDADE, Sidnei. **Controlando os níveis de pH do solo**. 2019. Disponível em: <https://jardinagempaisagismo.com/controlando-os-niveis-de-ph-do-solo/>. Acesso em: 08 ago. 2019.

W3SCHOOLS (Org.). **JSON vs XML**. Disponível em: https://www.w3schools.com/js/js_json_xml.asp. Acesso em: 15 jun. 2019.

WEISSMANN, Henrique Lobo. **Spring Boot: simplificando o Spring**. 2015. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/spring-boot-simplificando-o-spring/31979>. Acesso em: 10 jun. 2019.

WENZEL, Guilherme T.. **App Híbrido: o que é, vantagens e desvantagens**: O que é Aplicativo Híbrido?. 2018. Disponível em: <https://totalcommit.com/app-hibrido/>. Acesso em: 15 jun. 2019.

YIP, Geeman. **What, why, and when do we automate?**: The journey to automation begins today. 2018. Disponível em: <https://www.infoworld.com/article/3251068/what-why-and-when-do-we-automate.html>. Acesso em: 20 maio 2019.

APÊNDICE A - ARTIGO

CONTROLE DE AMBIENTE AUTOMATIZADO PARA CULTIVO DE AGARICUS BISPORUS

Prof. Esp. Sérgio Coral¹, Clayton Mariano de Andrade¹

¹Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
CEP 88806-000 – Criciúma – SC – Brasil

sergiocoral@unesc.net, andrade@unesc.net

Abstract. *The world is constantly evolving, the increase in population, consequently brings an advance in the consumption of foods of all types, but mainly for healthier foods. Among the foods that have stood out in consumption is the *Agaricus bisporus*, also known as champignon, for having a high concentration of proteins and anticancer substances, a market of US \$ 35 billion per year has been boosted around it and Brazil with all its agricultural strength it imports about 10 thousand tons of countries like China. One of the reasons for the low cultivation is related to temperature and humidity for the fruiting of the fungus, which is restricted to the southern region of Brazil and to certain specific periods of the year, such as late winter and early spring. The project presented aims to equip a greenhouse to suit the ideal temperature conditions, to provide cultivation in regions where the temperature exceeds 30 ° C, preventing the proliferation of the fungus naturally. A great advantage of the champignon is that from the period of fruiting of cultivation, it has a variation of 20 to 25 days, making it a profitable option for production in greenhouses. The control of the greenhouse was done through an application, which has control of the sensors and desired settings, delegating the greenhouse all the maintenance of cooling and irrigation, providing the producer to maintain a low manual maintenance. The prototype features the development of a web server in java with spring boot, for data persistence the relational database MySQL was used, a collector developed in python that runs on a raspberry pi to make the communication between greenhouse and server, for reading the sensors used Arduino Uno boards, the application was developed in Flutter, and is available to operate on Android and iOS. During the research, there was a satisfactory evolution in fruiting, during the first seven days, the total harvest with the incubation period was 22 days, obtaining a promising result and identifying improvements that can be applied to increase production. For the realization of the metrics, two greenhouses were used, one controlled as mentioned above and the other natural, the natural greenhouse had sensors for temperature and humidity of the air and soil moisture, its irrigation was done manually once a day, the sensors were only for comparison with the sensors of the controlled greenhouse. All stages of manufacturing the greenhouse, assembling the equipment, calibrating the sensors, coding and results are detailed in this project.*

Keywords: *Agaricus bisporus. Champignon. Arduino. Android. IoT.*

Resumo. O mundo está em constante evolução, o aumento da população, traz consequentemente um avanço no consumo de alimentos de todos os tipos, mas principalmente por alimentos mais saudáveis. Entre os alimentos que tem se destacado no consumo está o *Agáricus bisporus*, também conhecido como champignon, por ter uma alta concentração de proteínas e substâncias anticancerígenas, potencializou-se em seu redor um mercado de US\$ 35 bilhões de dólares por ano e o Brasil com toda a sua força agrícola importa cerca de 10 mil toneladas de países como a China. Um dos motivos do baixo cultivo, está relacionado a temperatura e umidade para a frutificação do fungo, que fica restrito a região sul do Brasil e a alguns períodos específicos do ano como final de inverno e início da primavera. O projeto apresentado tem como objetivo equipar uma estufa para se adequar as condições ideais de temperatura, para proporcionar o cultivo em regiões onde a temperatura ultrapassa os 30°C, impossibilitando a proliferação do fungo naturalmente. Uma grande vantagem do champignon é que do período de frutificação de cultivo, tem uma variação de 20 a 25 dias, tornando-se uma opção rentável para produção em estufas. O controle da estufa se deu por intermédio de um aplicativo, o qual se tem controle dos sensores e configurações desejadas, delegando a estufa toda a manutenção de resfriamento e irrigação, proporcionando ao produtor manter uma baixa manutenção manual. O protótipo conta com desenvolvimento de um servidor web em java com spring boot, para persistência do dados utilizou-se o banco relacional MySQL, um coletor desenvolvido em python que executa em um raspberry pi para fazer a comunicação entre estufa e servidor, para a leitura dos sensores utilizou-se placas de Arduino Uno, o aplicativo foi desenvolvido em Flutter, e está disponível para operar em Android e iOS. Durante a pesquisa observou-se uma evolução satisfatória na frutificação, período dos primeiros sete dias, a colheita total com o período de incubação foi de 22 dias, obtendo um resultado promissor e identificando melhorias que podem ser aplicadas para o aumento da produção. Para a realização das métricas utilizou-se duas estufas, uma controlada como citado anteriormente e outra natural, a estufa natural contava com sensores de temperatura e umidade do ar e umidade do solo, sua irrigação era feita de forma manual uma vez ao dia, os sensores servem apenas para comparação com os sensores da estufa controlada. Todas as etapas de fabricação da estufa, montagem dos equipamentos, calibragem dos sensores, codificação e resultados estão detalhados neste projeto.

Palavras-chave: *Agáricus bisporus*. Champignon. Arduino. Android. IoT.

1. Introdução

O mercado de cogumelos está em expansão, o *Champignon* lidera o ranking dos mais consumidos, no Brasil a produção tem um déficit de 10 mil toneladas por ano (FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014). Este déficit é importado da China, considerando que o consumo do brasileiro é de apenas 160 gramas por pessoa ao ano (GOMES, 2018).

O consumo de *Champignon* traz um grande benefício para a saúde, além do seu alto nível de proteína, podendo substituir a carne em dietas alimentares, o fungo tem grande valor medicinal, é antioxidante, antibacteriano, anticancerígeno e anti-inflamatório, também mostrou melhoras nos quadros de doenças crônicas, diabetes mellitus, infecções fúngicas e distúrbios imunológicos (DHAMODHARAN; MIRUNALINI, 2010, tradução nossa).

O motivo pelo qual o Brasil importa 10 mil toneladas todos os anos, está ligado as condições especiais para o desenvolvimento do fungo, o habitat natural do *Champignon* é em lugares com

pouca luminosidade, alta umidade e baixas temperaturas (DIAS et al., 2004 apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014).

Os ambientes naturais dos cogumelos, são em regiões com temperaturas mais baixas, com variação de 17 a 19°C na frutificação e de 20 a 25°C no seu desenvolvimento, este clima favorece alguns países de clima temperado. A frutificação dos cogumelos costuma ocorrer no início da primavera após um longo período de inverno, os cogumelos costumam aparecer em beiras de rios e cavernas (DIAS et al., 2004 apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014).

Para aumentar a produção do mesmo, muitos produtores estão utilizando os ambientes controlados, também conhecido como estufas de cultivo, as estufas são indicadas a cultivos de pequenos ciclos, para uma maior produção por metro quadrado.

As estufas proporcionam criação de microambientes de produções agrícolas, elas podem produzir em épocas ao qual um determinado cultivo não é propício, pois o controle de luz, irrigação e por se tratar muitas vezes de seu cultivo não estar diretamente em contato com o solo, reduzindo assim doenças e pragas que dizimam a produção (LONAX-ADMIN, 2018), as estufas podem ou não ser automatizadas por alguns dispositivos elétrico e ou eletrônico.

A automatização e o controle das variáveis que influenciam diretamente em uma produção, tornam mais significativa, seja no seu peso, tamanho e quantidade. Estufas automatizadas ou não, são as formas de produção que fazem possível pequenos ambientes se tornarem grandes produtores.

Este projeto tem como objetivo comparar a produção em ambientes controlados e não controlados, além de implantar ao ambiente controlado tecnologia como Internet das coisas, controle do ambiente remoto e otimizar ao máximo a produção com os dados coletados diariamente da estufa para o servidor.

2. Justificativa

Nas pesquisas realizadas sobre cultivo de cogumelos, observou-se que as características de produção eram extremamente limitadas às condições climáticas da região, direcionando estas produções para o sul e sudeste do país e em pequenas estruturas geralmente rústicas de pequeno porte e próximas a áreas de preservação ambiental, matas nativas e florestas (FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014 apud ANDRADE et al., 2010).

O mercado de cogumelos é de US\$ 35 bilhões de dólares (Gomes, 2018), o Brasil apesar de sua força agrícola importa cerca de 10 mil toneladas de país como China com o valor abaixo do produzido em território nacional, este fato se remete às condições que o fungo necessita para se desenvolver em países de clima tropical.

Com base nas dificuldades de cultivo dos cogumelos do tipo champignon, o trabalho busca as informações para o cultivo e atribui estas condições ao ambiente controlado por prototipagem a fim de induzir a produção em diferentes tipos de regiões e clima, na pesquisa constatou-se que o período do ciclo desde a frutificação a colheita, leva um tempo médio de 20 dias, pesquisa realizada (FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014), tornando a produção em ambientes controlados extremamente viável por seu ciclo ser pequeno.

No mercado brasileiro este tipo de controle envolvendo ambientes de cultivo agrícola vem crescendo, o cultivo dos cogumelos em ambientes controlados obtém sucesso em alguns países como Holanda que é referência na produção de fungos comestíveis no cenário mundial.

Este projeto visou viabilizar a produção dos fungos comestíveis do tipo cogumelo champignon, buscando aumentar a produção adequando as condições ideais para o crescimento natural, manipulando seu ambiente independentemente da região do plantio e do seu clima natural.

3. Desenvolvimento estufa com dois compartimentos

Para o desenvolvimento da estufa, foram utilizados compensado de pinus de 15 milímetros de espessura, as medidas foram 65 centímetros de largura, 65 centímetros profundidade e 70 centímetros de altura incluído as rodas colocadas para facilitar o manuseio da mesma.

Cada compartimento ficou com espaço utilizável de 41,5 centímetros de largura, 32,5 centímetros de profundidade e 49,5 centímetros de altura.

3.1. Montagens dos hardwares

Os hardwares acoplados a estufa controlada foram; um Arduino Uno, dois sensores de umidade e temperatura do ar, um sensor de umidade do solo, um sensor de pH da água, um módulo relé de quatro canais, duas fontes de alimentação 12 volts, quatro coolers, duas pastilhas peutier, uma bomba e cabos para conexões.

Para a estufa natural foi acoplado um Arduino Uno, um sensor de umidade e temperatura do ar e um sensor de umidade do solo.

Para a comunicação entre os Arduinos e o servidor, foi adicionado um Raspberry Pi3 que recebe as informações via serial e comunica-se com o servidor utilizando rede WirelessFidelity (WIFI) via protocolo HTTP e uma *protoboard* para auxiliar na instalação dos cabos com uma placa que fornece uma tensão de 5 volts.

3.2. Validação sensores

Para que os dados gerados sejam de confiança foram feitas validações e calibragem nos sensores, para os sensores de temperatura e umidade foram utilizados equipamentos de medição digital e comparação entre os três sensores do projeto, para o sensor de pH foi utilizado um medidor digital externo para a comparação e o de umidade do solo foram coletados uma remessa de dados e examinados.

3.2.1 Sensor de temperatura e umidade do ar

Para a análise dos sensores de temperatura foi utilizado um termômetro digital infravermelho, sua capacidade de medida varia de -50° a 380° , para o teste foi comparado a leitura do sensor junto ao termômetro digital.

No teste de umidade do ar foram coletados dados dos três sensores, sendo dois da estufa controlada e um da estufa natural em condições exatamente iguais, ao ar livre e nas mesma condições para todos os sensores, as informações usadas como métricas foram, a quantidade de leitura realizada pelos sensores, a média do valor obtido nas coletas dos dados e o desvio padrão

, no mesmo teste foi consultado a leitura de temperatura para o comparativo da eficácia dos sensores.

3.2.2 Sensor pH da água

Para a calibragem do sensor de pH foi utilizado água potável e café, a água tem pH 7 que apresenta pH neutro e o café tem pH 5.6 aproximadamente direcionando-se para um elemento com mais acidez.

O teste contou com um pHMetro, comparando a leitura do sensor com a leitura do pHMetro comprovando a eficácia das leituras.

3.2.3 Sensor solo

Para a validação do sensor de solo foi utilizado uma coleta de dados em quatro situações diferentes, o número de registro de cada situação foi superior a dez mil, as situações foram as seguintes: leitura do sensor ao ar, leitura do sensor a água, leitura do sensor a terra seca e leitura do sensor a terra molhada..

As métricas foram, a quantidade de leitura realizada pelos sensores, leitura máxima, leitura mínima, média e desvio padrão.

3.3. Web Service Java com Spring boot

A arquitetura do sistema foi baseada em padrões de projeto e boas práticas de desenvolvimento seguindo a estrutura para desenvolvimento de webservice e micro serviços.

O servidor contou com uma estrutura pequena e funcional contendo apenas 5 tabelas no banco de dados, as tabelas de sensores de temperatura e umidade do ar, sensores de solo e sensores de pH, uma tabela para armazenamento das leituras e uma para os registros das estufas.

O servidor foi hospedado em um serviço na nuvem recebendo informações do coletor e fornecendo a aplicação mobile, a qual interagia novamente com o servidor alterando as configurações quando necessário.

3.4. Desenvolvimento do aplicativo

O aplicativo responsável pelo controle das variáveis dos sensores acoplados as estufas, foi desenvolvido com o *framework* para aplicações multiplataforma do Google, o *Flutter*.

A arquitetura abordada no desenvolvimento da aplicação, segue o conceito representado para a construção do servidor, com a adição de pacotes atribuídos ao desenvolvimentos das telas do aplicativo.

A aplicação mostra em tempo real as informações dos sensores de temperatura e umidade do ar, umidade do solo e pH da água da estufa controlada e temperatura, umidade do ar e umidade do solo da estufa natural.

A principal função do aplicativo é monitorar a estufa controlada remotamente, que pode ser feito com uma funcionalidade de configurações dos sensores, podendo alterar os valores instantaneamente.

3.5. Integrações

A integração entre os sistemas desenvolvidos se deu em etapas e por diferentes meios, foram utilizados comunicação serial e Json. A seguir podem-se entender quais as técnicas utilizadas para a interação completa entre os Arduinos, Raspbarr, Servidor e Aplicativo.

3.5.1 Integração Arduino com Raspbarr

O Arduino recebe toda a informação dos sensores, armazena em variáveis e transfere as informações para o Raspbarr por comunicação serial, o Arduino é programado em C++, já no Raspbarr o desenvolvimento foi utilizado da linguagem Python, a transferência é feita em bits e transformada em strings ou int, dependendo do dado a trafegar.

Para que a comunicação entre os hardwares possa distinguir o que está sendo transferido, utilizou-se a seguinte lógica, para identificar a estufa foram adotadas siglas, facilitando a identificação de um lado para outro da transmissão.

A siglas são: E1 (Estufa Controlada), E2 (Estufa Natural), S1T (Sensor 1 Temperatura), S2T (Sensor 2 Temperatura), S1U (Sensor 1 Umidade), S2U (Sensor 2 Umidade), S1S (Sensor 1 Solo), SpH (Sensor pH Água), ARF (Arrefecimento) e IRR (Irrigação), a junção das siglas citadas montam novas siglas para identificação da estufa e sensores, são elas: E1S1T (Estufa Controlada Sensor 1 Temperatura), E1S1U (Estufa Controlada Sensor 1 Umidade), E1S2T (Estufa Controlada Sensor 2 Temperatura), E1S2U (Estufa Controlada Sensor 2 Umidade), E1S1S (Estufa Controlada Sensor 1 Solo), E1SpH (Estufa Controlada Sensor 1 pH Água), E1ARF (Estufa Controlada Arrefecimento), E1IRR (Estufa Controlada Irrigação), E2S1T (Estufa Natural Sensor 1 Temperatura), E2S1U (Estufa Natural Sensor 1 Solo), E2S1S (Estufa Natural Sensor 1 Solo), UARI (Umidade Ar Irrigação) e USLI (Umidade solo Irrigação).

O Arduino segue uma execução procedural, quando ele encontra um sensor ele informa ao *Raspbarr*, a estufa seguido do sensor e o valor lido, o sistema faz a leitura do sensor, informa para o Raspbarr o tipo de leitura que vai ser enviada e posteriormente informa o valor que será persistido na base de dados no servidor.

As siglas E1IRR, E1ARR, UARI e USLI, são informações para leitura dos sensores das preferências do usuário as configurações da estufa controlada, estas informações realizam GET no servidor por intermédio do Raspbarr e executam ações de ligar ou desligar o arrefecimento e irrigação.

3.5.2 Integração Raspbarr com Servidor

A comunicação entre o Raspbarr e o servidor é feita via http no formato JSON, no momento em que o Arduino envia a informação para o Raspbarr, dois programas desenvolvidos em python ficam rodando em loop verificando a sigla enviada pelo Arduino e em seguida o valor informado do sensor, ao receber e identificar a leitura, o sistema envia um POST ao servidor e persiste as informações no banco de dados, quando a informação é requerida pelo Arduino para

a configuração dos sensores, o programa executa um GET no servidor e devolve a informação ao Arduino, as ações são executadas automaticamente com base nas preferências do usuário.

3.5.3 Integração Aplicativo com Servidor

A comunicação entre o aplicativo e o servidor segue o mesmo padrão da comunicação entre o Raspberry e o servidor, com requisições via http em formato JSON, o aplicativo conta com três tabs, estufa controlada (ESTC), estufa natural (ESTN) e mais (Mais), nas tabs ESTC e ESTN são realizados apenas GETs, na tab Mais, o sistema envia POST para atualizar as informações de configuração dos sensores de acordo com a preferência dos usuários.

4. Resultados

De acordo com a pesquisa realizada, as condições ideais de temperatura são de 17 a 19°C na frutificação e de 20 a 25°C no desenvolvimento do fungo (DIAS et al., 2004 apud FIGUEIRÊDO; DIAS, 2014).

Nos sete primeiros dias as temperaturas se mantiveram na média de 18°C na estufa controlada e de 20°C na estufa natural, o pH se manteve dentro da faixa estabelecida como neutro, a umidade do ar com uma variação de 1% entre as estufas e umidade do solo com uma diferença de 10%, considerando que a estufa natural era feita uma irrigação por dia e na estufa controlada se manteve dentro do programado que era 85%.

Após a frutificação, a temperatura ambiente caiu abaixo das condições ideais, prejudicando o experimento, o qual considerava o arrefecimento como principal proposta para o cultivo em regiões não propícias, uma vez que o cultivo do fungo se concentra no sul do Brasil, o projeto tinha como objetivo proporcionar o desenvolvimento do fungo em regiões com temperaturas elevada aos 25°C, o crescimento do fungo na estufa controlada foi superior ao da estufa natural nos primeiros dez dias, antes da queda da temperatura, a comparação entre as estufas, mostrou uma diferença satisfatória.

Para confirmação visual usou-se um gráfico histograma, que percorre a imagem e conta os pixels de cores, para entendimento do gráfico, quanto mais próximo do zero menor a área de proliferação, quanto mais próximo do 255 maior é essa área, para gerar o gráfico foi recortado as laterais em excessos e aplicado um filtro para remoção da luz.

A estufa controlada mostrou no histograma pouco mais de 350 mil pixels pretos e pouco menos de 50 mil pixels brancos, que são os traços do fungo, no caso da estufa natural os pixels de pontos pretos atingiram mais de 700 mil, já os pixels brancos não se consegue analisar visualmente, confirmando uma baixa frutificação.

O sistema de irrigação automático funcionou como esperado, mantendo a umidade do solo dentro do patamar estabelecido de 85 %, livrando a estufa de qualquer manutenção manual, sendo monitorado remotamente pelo aplicativo desenvolvido para controlar o cultivo.

O resultado final do experimento após 22 dias de cultivo incluindo os 7 dias de frutificação mais 15 dias para o desenvolvimento do fungo, decorreu que o número de cogumelos colhidos

na estufa controlada foi superior ao da estufa natural em apenas 2 unidades, porém a variação de peso se mostrou excedente em quase 10 gramas por unidade.

A média das leituras dos sensores nos 15 dias de cultivo após os 7 dias de frutificação variou 2 pontos percentuais, proporcionando a estufa controlada benefícios somente de automatização da irrigação, no início do projeto a estufa se mostrou mais eficaz se mantendo dentro da temperatura planejada, após 10 dias houve uma queda na temperatura ambiente, prejudicando o experimento, o projeto não abordou o aquecimento da estufa pois seu objetivo era proporcionar que regiões com clima mais quentes pudessem cultivar o fungo.

O que se pode observar, é que nos dados apurados na fundamentação teórica e nos experimentos aplicados mais recentemente, o fungo tem se mostrado mais resistente a temperaturas que chegam até 28°C, proporcionando um cultivo que varia de 10°C a 28°C, abrindo espaço no futuro para mais experimentos com o cultivo.

5. Conclusão

A realização deste trabalho, somou significativamente para o aprendizado do autor, no decorrer do desenvolvimento, surgiram vários desafios que foram superados com base em muita pesquisa, a abrangência de várias áreas de estudos, como back-end, banco de dados, circuitos digitais, componentes de hardwares, automação, IoT e aprofundamento no cultivo proposto, possibilitou ao autor evoluir significativamente como pesquisador e desenvolvedor.

Com o experimento, foram identificadas algumas falhas que devem ser corrigidas posteriormente, como considerar um sistema de arrefecimento mais robusto, um controle energético e uma forma de energia alternativa e principalmente considerar o controle das duas pontas, arrefecimento e aquecimento, o que foi o ponto principal para obter um melhor resultado neste projeto.

Entre as dificuldades encontradas, a principal foi com relação ao sensor de solo, que no primeiro modelo adquirido, sofreu corrosão em contato com a terra ainda nas fases de testes e calibragem, um outro fator que dificultou o trabalho está relacionado aos atrasos nas entregas dos equipamentos e do cultivo mediante a situação vivida no momento do desenvolvimento do projeto, que ocorreu com a disseminação da pandemia da Covid-19, que sem dúvida é um vírus que trouxe grandes dificuldades e superação para a humanidade.

Para trabalhos futuros, pode-se pensar em identificar amostras com temperaturas variáveis na frutificação e no desenvolvimento e com a coleta de dados treinar uma inteligência artificial para controlar o plantio totalmente independente, observando que o fungo apesar de sensível a algumas condições, se mostrou promissor para cultivo em estufas, pois seu período de colheita contando com a frutificação varia de 20 a 25 dias, proporcionando um ótimos negócio e com um mercado promissor, porém como comentado anteriormente o controle de energia e água é um ponto a ser melhorado, pois o cultivo exige muito destes recursos.

Referências

DHAMODHARAN, G.; MIRUNALINI, S.. A Novel Medicinal Characterization of Agaricus Bisporus (White Button Mushroom). **Pharmacologyonline**, Tamil Nadu, v. 2, p.456-463,

2010. Disponível em:
<https://pharmacologyonline.silae.it/files/newsletter/2010/vol2/55.Mirunalini.pdf>. Acesso em:
18 maio 2019.

FIGUEIRÊDO, Vinícius Reis de; DIAS, Eustáquio Souza. Cultivo do champignon em função da temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p.241-246, fev. 2014. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n2/a3314cr2013-0221.pdf>. Acesso em: 18 maio 2019.

GOMES, Marlene. **Agronegócio: Consumo e produção de cogumelos crescem no Brasil:** Mercado mundial deve crescer 9% até 2021 e Brasil ganhará relevância. 2018. Disponível em:
https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2018/01/29/internas_economia,656318/consumo-e-producao-de-cogumelos-no-brasil.shtml. Acesso em: 18 out. 2019.

LONAX-ADMIN (Ed.). **O que são estufas agrícolas e quais seus benefícios?** 2018. Disponível em: <https://www.lonax.com.br/o-que-sao-estufas-agricolas-e-quais-seus-beneficios/>. Acesso em: 19 maio 2019.